

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2019

Bc. Marek Bukovan

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra Elektroniky

**NÁVRH A REALIZACE ŘÍDICÍHO PANELU
MĚNIČE PRO VÝUKU V PŘEDMĚTECH
VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY**

**DESIGN AND REALIZATION OF THE CONTROL
PANEL OF THE INVERTER FOR TEACHING IN
THE POWER ELECTRONICS**

2019

Bc. Marek Bukovan

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Marek Bukovan

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2612T003 Aplikovaná elektronika

Téma:

Návrh a realizace řídicího panelu měniče pro výuku v předmětech
výkonové elektroniky
Design and Realization of the Control Panel of the Inverter for Teaching
in the Power Electronics

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te rozbor jednotlivých úloh měřených na laboratorních cvičeních v předmětech výkonové elektroniky na měniči ZS1-6 z pohledu ovládání, nastavení a diagnostiky tohoto měniče.
2. Navrhnete a realizujete řídicí panel pro tento měnič.
3. Vytvořte sw vybavení pro tento panel a pro řídicí systém měniče ZS1-6.
4. Ověřte funkčnost zařízení a vypracujte průvodní dokumentaci ovládacího panelu.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího závěrečné práce.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Sobek, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019

doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie :

*„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“*

V Ostrave dňa

29.4. 2019

.....

Pod'akovanie

Veľmi rád by som poďakoval vedúcemu mojej práce **Ing. Martinovi Sobkovi, Ph.D.** za jeho čas a odborné rady ktoré mi poskytol pri konzultáciách ohľadne tejto práce.

Abstrakt :

Táto diplomová práca sa zaoberá vytvorením ovládacieho panelu pre riadenie meniča ZS1-6. Cieľom je navrhnutie a vytvorenie funkčného, jednoduchého a intuitívneho ovládacieho panelu/užívateľského rozhrania pomocou ktorého sa bude dať celý menič nastavovať. V priebehu tejto práce budú prebrané teoretické základy pre vypracovanie a taktiež aj dosiahnuté praktické výsledky. Bude tu ukázaný navrhnutý program riadiaceho systému. V závere bude napísaný návod na jeho používanie.

Kľúčové slová :

Ovládací panel, Atmel, Dotykový displej, Ethernet, Užívateľské rozhranie, WWW, Napäťový striedač, Usmerňovač

Abstract:

This thesis is dedicated to design and creation of the control panel for the controlling of the power converter ZS1-6. The goal is to design and create a functional, simple and intuitive control panel/user interface to set up the entire converter. In the course of this work will be taken over the theoretical basis for the elaboration and also the practical results achieved. The proposed control system program will be shown here. In the end there will be written instructions for its use.

Key words :

Control panel, Atmel, Touch screen, Ethernet, User Interface, WWW, Voltage inverter, Rectifier

Obsah

Zoznam použitých obrázkov	9
Zoznam použitých symbolov a skratiek.....	11
Úvod.....	12
1. Teoretický rozbor	13
1.1. Menič ZS1-6	13
1.2. Módy riadenia meniča - Jednosmerný menič	14
1.2.1. Znižujúci pulzný menič	15
1.2.2. Zvyšujúci pulzný menič	17
1.2.3. Dvoj a viac fázové varianty pulzných meničov.....	19
1.2.4. Spôsoby riadenia pulzných meničov	20
1.3. Módy riadenia meniča - Striedavý menič	21
1.3.1. Jednofázový napäťový striedač	22
1.3.1.1. Bipolárne a unipolárne PWM riadenie jednofázového striedača.....	24
1.3.1.2. Šírkové riadenie jednofázového striedača	25
1.3.1.3. Zhrnutie riadenia 1-fázového striedača.....	26
1.3.2. Trojfázový napäťový striedač.....	27
1.3.2.1. PWM riadenie trojfázového striedača.....	28
1.3.2.2. PWM riadenie trojfázového striedača – Komparačná PWM.....	28
1.3.2.3. PWM riadenie trojfázového striedača – Komparačná PWM + 3. harmonická zložka signálu.....	29
1.3.2.4. PWM riadenie trojfázového striedača – $U/F = \text{konšt.}$	30
1.3.2.5. PWM riadenie trojfázového striedača – Vektorová PWM	30
1.3.2.6. Šírkové riadenie trojfázového striedača.....	31
1.4. Pulzný usmerňovač	32
2. Praktická časť vyhotovenia práce.....	33
2.1. Návrh riešenia	33
2.2. Použitý mikrokontrolér	34
2.3. Použitý displej	35
2.3.1. Technológia LCD	35
2.3.2. Technológia rezistívnej dotykovej plochy.....	37
2.4. SD karta	37
2.5. Program riadiaceho systému na displeji	38
2.6. Komunikácie.....	43

2.6.1.	Sériová komunikácia – UART	43
2.6.2.	Sériová komunikácia – I2C	45
2.6.3.	Ethernet	46
2.7.	Webová aplikácia.....	48
3.	Návod na obsluhu.....	53
3.1.	Nastavenia potrebné pre pripojenie na WWW	53
	Záver	56
	Použité zdroje.....	57
	Prílohy	58

Zoznam použitých obrázkov

Obr. 1 Schéma zapojenia polovodičového meniča ZS1-6 (schéma je pridaná aj v prílohách)	13
Obr. 2 Modul SKM75GB176D a jeho vnútorné zapojenie.....	14
Obr. 3 Schéma zapojenia znižujúceho PM.....	15
Obr. 4 Priebehy prúdov a napätí na záťaži znižujúceho PM pri neprerušovanom prúde (V-vedie tranzistor, V0-vedie spätná dióda)	16
Obr. 5 Priebehy napätia a prúdu na záťaži znižujúceho PM pri prerušovanom prúde.....	16
Obr. 6 Schéma zapojenia zvyšujúceho PM.....	17
Obr. 7 Priebehy napätí a prúdu na zvyšujúcom PM pri neprerušovanom prúde.....	18
Obr. 8 Priebehy napätí a prúdu na zvyšujúcom PM pri prerušovanom prúde	18
Obr. 9 Schéma dvoj-fázového znižujúceho PM.....	19
Obr. 10 Priebehy napätia a prúdu na dvojfázovom PM	20
Obr. 11 Schéma zapojenia jednofázového striedača	22
Obr. 12 Priebehy napätia a prúdu na záťaži 1-fázového striedača	23
Obr. 13 Unipolárne riadenie – Spínací diagram.....	24
Obr. 14 Bipolárne riadenie - Spínací diagram.....	25
Obr. 15 Priebeh napätia na záťaži pri šírkovom riadení pri R záťaži.....	26
Obr. 16 Schéma zapojenia 3-fázového striedača.....	27
Obr. 17 PWM riadenie trojfázového striedača.....	29
Obr. 18 Komparačný signál s pridaním 3. harmonickej zložky signálu	29
Obr. 19 Vektorové riadenie – spínacie vektory.....	30
Obr. 20 Priebehy fázového napätia na 3f- striedači pri šírkovom riadení.....	31
Obr. 21 Vývojová doska Arduino Mega 2560	34
Obr. 22 Displej použitý v práci	35
Obr. 23 Zloženie LCD panelu.....	36
Obr. 24 Základné menu riadiaceho systému na displeji.....	38
Obr. 25 Nastavenie jednosmerného PM.....	39
Obr. 26 Nastavenia Znižujúceho PM	39
Obr. 27 Nastavenie Spínacej frekvencie	40
Obr. 28 Po štarte.....	41
Obr. 29 Po stlačení DATA	41
Obr. 30 Nastavenia 3-fázového striedača so šírkovým riadením	42
Obr. 31 Nastavenia $U/f=\text{konšt.}$	42
Obr. 32 Asynchrónna UART komunikácia	43
Obr. 33 Zapojenie zariadení pre UART komunikáciu	44
Obr. 34 Zapojenie potrebné pre I2C komunikáciu.....	45
Obr. 35 Ethernetový modul používaný v práci	47
Obr. 36 Webová aplikácia po načítaní	49
Obr. 37 Možnosti výberu módu	49
Obr. 38 Nastavenia 3-fázového striedača.....	50
Obr. 39 Nastavenie pre znižujúci PM	51
Obr. 40 Nápoveda pri zadávaní premenných	51
Obr. 41 Menu na webovej aplikácii	52

Obr. 42	Webová aplikácia - Svetlá téma	52
Obr. 43	Nastavenie Ethernet adaptéra	53
Obr. 44	Výber nastavenia TCP/IPv4	53
Obr. 45	Nastavenia Alternatívnej konfigurácie IPv4	54
Obr. 46	Neidentifikovaná sieť	55
Obr. 47	Už vytvorená sieť	55

Zoznam použitých symbolov a skratiek

f_{sw}	Spínacia frekvencia	[Hz]
f_{out}	Výstupná frekvencia	[Hz]
DC+	Kladné napätie medziobvodu	[V]
DC-	Záporné napätie medziobvodu	[V]
i_V	Prúd záťažou vedie tranzistor	[-]
i_{V0}	Prúd záťažou vedie spätná dióda	[-]
Δi_z	Zvlnenie prúdu na záťaži	[A]
I_{zmin}	Minimálny prúd záťažou	[A]
I_{zmax}	Maximálny prúd záťažou	[A]
L	Indukčnosť	[H]
m	Hĺbka modulácie	[-]
T	Periódá	[s]
t_{on}	Doba zopnutia tranzistora	[s]
t_{off}	Doba vypnutia tranzistora	[s]
U_{1f}	Napätie v prvej fáze	[V]
U_{2f}	Napätie v druhej fáze	[V]
U_d	Napätie jednosmerného medziobvodu	[V]
U_i	Indukované napätie	[V]
U_{ZAV}	Stredná hodnota napätia na výstupe meniča	[V]
U_{zRMS}	Efektívna hodnota napätia na záťaži	[V]
V	Napätie spína tranzistor	[-]
V0	Napätie spína spätná dióda	[-]
z	Zaťažovateľ	[-]
π	Ludolfovo číslo	[-]
Ψ	Programový uhol PSI	[°]

Úvod

Na riadenie meničov a na získavanie a zobrazovanie hodnôt v nich meraných sa v dnešnej dobe používajú aplikácie navrhnuté špeciálne pre konkrétny druh meniča kedy táto aplikácia musí byť nainštalovaná na všetkých počítačoch pomocou ktorých chceme toto zariadenie ovládať. Problém nastáva keď sa tento počítač napr. pokazí a potrebujeme rýchlo nastavovať tento menič ale inštalácie programov na riadenie môžu zabráť pomerne dlhý čas.

Táto práca sa teda zaoberá návrhom a vytvorením funkčného riadiaceho panelu ktorý bude slúžiť na riadenie polovodičového meniča ZS1-6 a nebude na jeho prevádzku potrebná žiadna inštalácia alebo zdĺhavé nastavovanie. Navrhoval som tento systém aby bol čo najintuitívnejší, najprehľadnejší ale aby zároveň bol schopný nastaviť všetky módy ktoré sú naprogramované v riadiacej jednotke samotného meniča.

V prvej časti tejto práce sú všetky tieto módy postupne rozobrané z pohľadu ovládania, zadávania všetkých potrebných parametrov a získavania parametrov z meniča.

V druhej časti je návrh riadenia rozdelený do jednotlivých blokov a sú aj rozobraté ich teoretické základy a sú tu ukázané reálne snímky z riadiaceho systému na displeji a taktiež aj na WWW stránke.

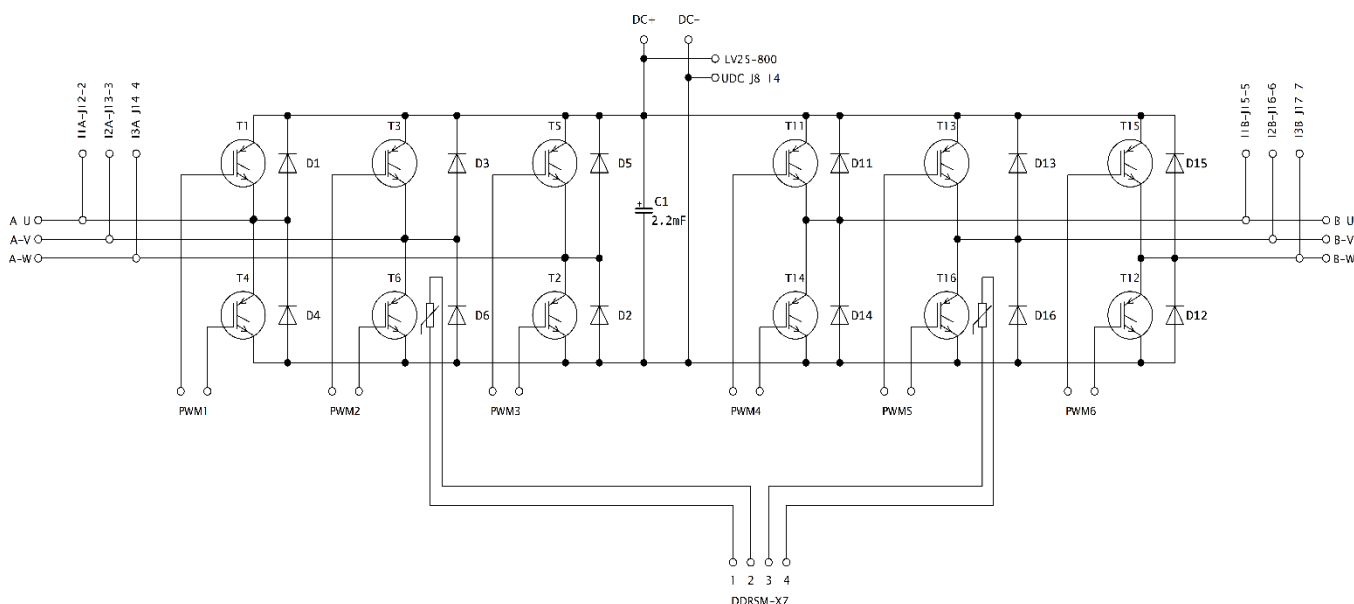
V poslednej časti je návod na nastavenie systému Windows aby bolo možné sa pripojiť na WWW stránku z ktorej sa dá menič ovládať.

1. Teoretický rozbor

1.1. Menič ZS1-6

Táto práca je zameraná na návrh riadiaceho systému - užívateľského rozhrania pre riadenie módov meniča ZS1-6.

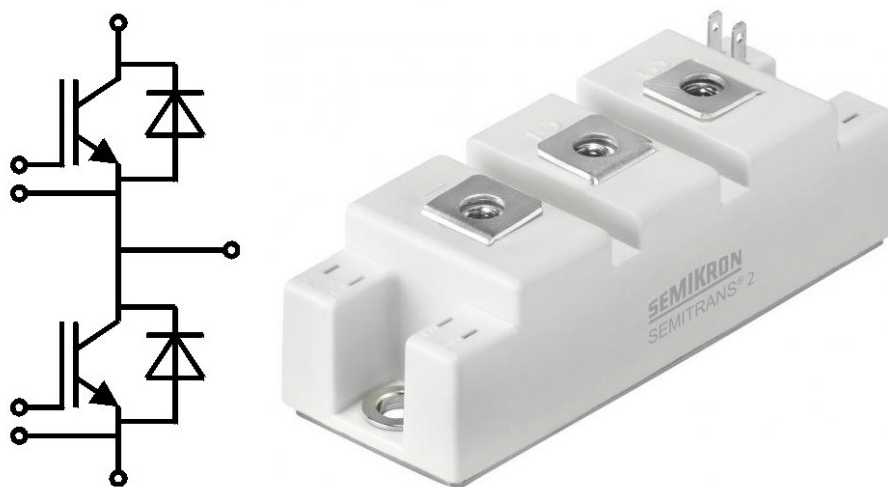
Menič ZS1-6 sa skladá z dvoch tranzistorových meničov (na vstupe a výstupe) a napäťového medziobvodu medzi nimi. Vďaka tejto konfigurácii dokáže pracovať vo veľa módoch spínania a teda je ideálny pre potreby vyučovania výkonovej elektroniky.



Obr. 1 Schéma zapojenia polovodičového meniča ZS1-6 (schéma je pridaná aj v prílohách)

Na vstup meniča sa pripája 3-fázové napätie ktoré je privedené do prvej časti meniča ktorá môže slúžiť pri vypnutých tranzistoroch aj ako 6-pulzný neriadený usmerňovač. Ďalej sa toto napätie vyhladí na kondenzátorovej batérii. Napätie na tej to batérii je merané pomocou čidla LEM LV25-800. Na výstupe meniča môže byť zase 3-fázové napätie ale to závisí od spôsobu riadenia samotného meniča. Tieto spôsoby riadenia budú prebrané postupne v ďalších kapitolách tejto práce. Na všetkých vstupoch aj výstupoch meniča sú pripojené taktiež napäťové sondy LEM LV25-400 na kontrolu týchto napätí.

Ako spínacie polovodičové súčiastky sú použité IGBT tranzistory vo vyhotovení bezpotenciálových modulov od spoločnosti Semikron s označením SKM75GB176D kde sú v jednom puzdre 2 tranzistory kde sú antiparalelne pripojené polovodičové diódy ku každému z tranzistorov. Takýchto modulov je tu použitých celkovo šesť. [6]



Obr. 2 Modul SKM75GB176D a jeho vnútorné zapojenie.

Ku dvom modulom sú pridané aj termistory NTC B57164K0472K000 na meranie ich teploty.

Kapacitná batéria v napäťovom medziobvode je vytvorená elektrolytickými kondenzátormi K01500222 od spoločnosti Kendeil o celkovej kapacite 2,2mF. [1]

1.2. Módy riadenia meniča - Jednosmerný menič

Jednosmerný menič je zariadenie ktoré premieňa jednosmerné napätie o určitej hodnote na iné jednosmerné napätie o inej hodnote. Výkonnostne môžu byť od jednotiek W až po veľmi veľké výkony.

Jednosmerné meniče pracujú na princípe periodického spínania spínacích prvkov (v tomto meniči sú to IGBT tranzistory) čím zmenou dĺžky času kedy je tranzistor zopnutý oproti času kedy je vypnutý dokážu meniť strednú hodnotu výstupnej veličiny.

Podľa zapojenia obvodu a podľa riadenia existuje niekoľko druhov jednosmerných meničov a to najčastejšie:

- Znižujúci pulzný menič (ďalej Znižujúci PM)
- Zvyšujúci pulzný menič (ďalej Zvyšujúci PM)
- Kombinácia znižujúceho a zvyšujúceho meniča

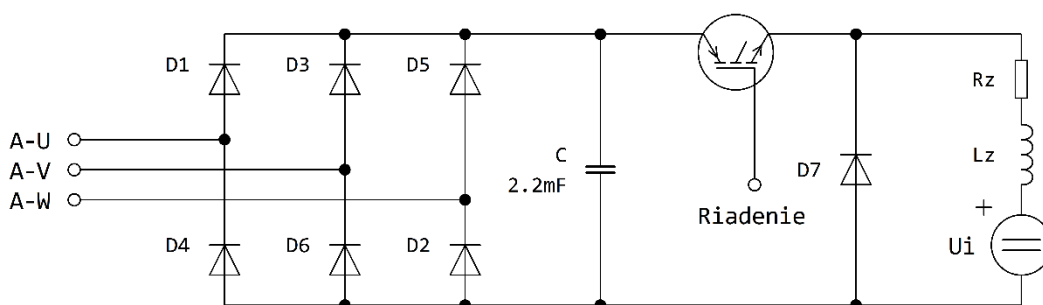
Podľa zapojenia sa ďalej môžu deliť na:

- Jednofázové pulzné meniče
- Viacfázové pulzné meniče

Riadenie spínania spínacích súčiastok v takýchto meničoch býva vykonávané porovnávaním určitého referenčného riadiaceho napätia s pílovým signálom (môže byť rastúca/klesajúca/symetrická píla). Ak má referenčné napätie menšiu hodnotu ako je aktuálna hodnota pílového napätia, tak sa napríklad spínací prvok zopne a v opačnom prípade sa zase vypne. Toto však záleží priamo na spôsobe riadenia.

1.2.1. Znižujúci pulzný menič

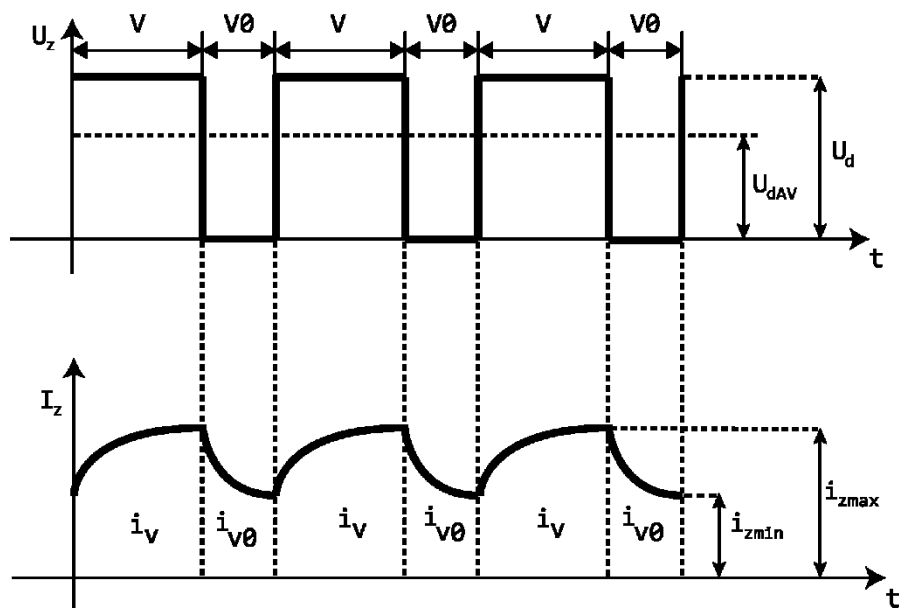
Je to typ meniča, ktorý umožňuje prenos energie iba jedným smerom a to zo strany zdroja do záťaže. Neumožňuje vracať energiu späť do siete. Tvorí ho na vstupe 6-pulzný usmerňovač a kondenzátorová batéria ktorá usmernené napätie vyhladí a na výstupnej strane je to spínací prvok a nulová dióda ktorá je zapojená antiparalelne ku záťaži. Ako záťaž sa bežne premýšľa nad obecnou R, L, U_i s predpokladom $U_i < U_{\text{zdroja}}$.



Obr. 3 Schéma zapojenia znižujúceho PM

Princíp tohto meniča je, že pri zopnutom spínacom prvku je na záťaži napätie zdroja a celý prúd do záťaže sa uzatvára cez spínací prvok pričom časť energie sa akumuluje v indukčnosti záťaže. Keď je spínač vypnutý tak sa energia uložená v záťaži uzatvára cez nulovú diódu.

Tvar krivky prúdu záťažou tvoria časti exponenciál narastajúce až k hodnote $I_{\text{zmax}} = \frac{(U_{\text{zdroja}} - U_i)}{R}$. Ak počas toho ako je tranzistor vypnutý nedôjde ku poklesu prúdu až na nulovú hodnotu, hovoríme že prúd je neprerušovaný (viď. Obr 4). V opačnom prípade sa jedná o prerušovaný prúd. Tento prúd je zvlnený a na výstupné zvlnenie má vplyv najmä frekvencia spínania a veľkosť indukčnosti v záťaži.



Obr. 4 Priebehy prúdov a napätí na záťaži znižujúceho PM pri neprerušovanom prúde (V-vedie tranzistor, V0-vedie spätná dióda)

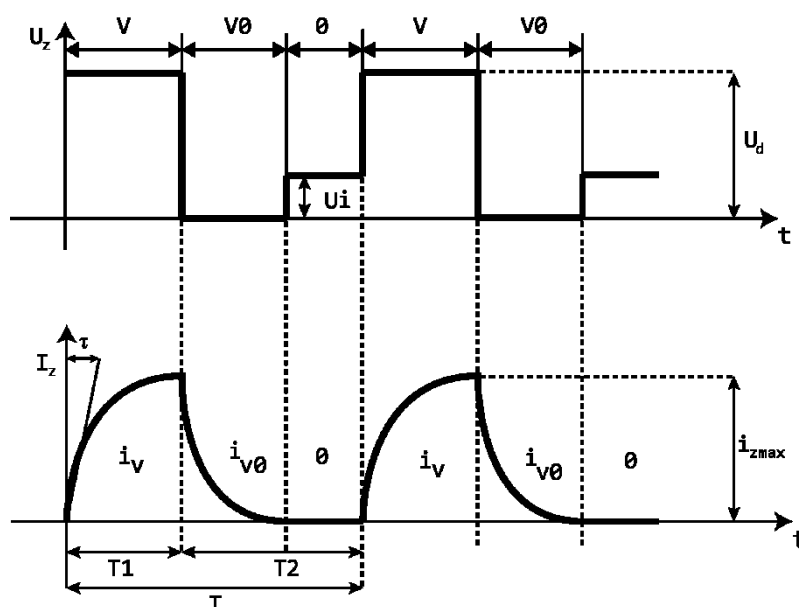
Zvlnenie prúdu vypočítame podľa vzorca :

$$\Delta i_z = I_{z\max} - I_{z\min} = \frac{U_d}{f_{sw} \cdot L} \cdot z \cdot (1 - z)$$

Výstupné napätie má impulzný charakter ktorého stredná hodnota je U_{ZAV} . Túto hodnotu vypočítame:

$$U_{ZAV} = \frac{t_{on}}{T} \cdot U_d$$

Kde t_{on} je čas po ktorý je tranzistor zapnutý a T je dĺžka periódy spínania tranzistora. Pomer medzi T_1 a T sa tiež nazýva aj zaťažovateľ a označuje sa „z“. Je to pomerná veličina ktorá môže dosahovať veľkosť $0 < z < 1$ čomu odpovedá regulačný rozsah výstupného napätie $0 < U_{ZAV} < U_d$.



Obr. 5 Priebehy napätia a prúdu na záťaži znižujúceho PM pri prerušovanom prúde

1.2.2. Zvyšujúci pulzný menič

Zvyšujúci pulzný menič je jednosmerný menič, ktorý umožňuje dodávať energiu zo záťaže späť do siete. Tento dej sa nazýva rekuperácia. Aby tento druh meniča správne fungoval, je potrebné aby bol v záťaži zdroj indukovaného napätia U_i a toto napätie zároveň musí byť menšie, ako hodnota napätia v medziobvode U_d .

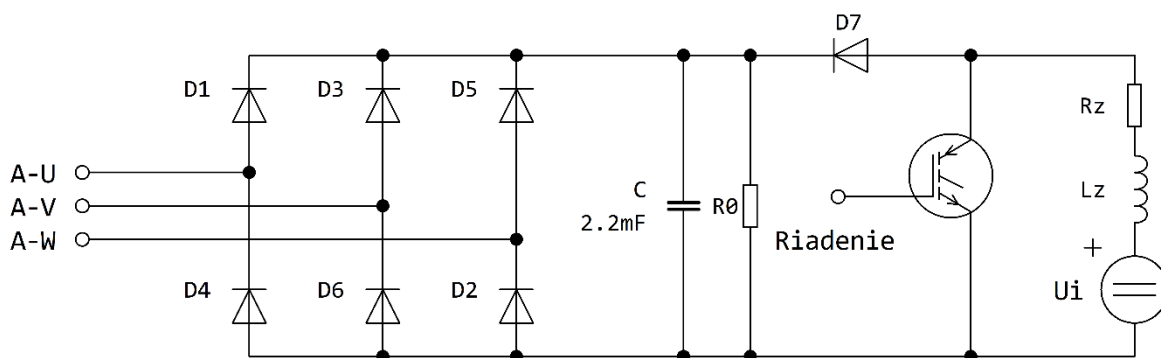
Princíp rekuperácie sa využíva, ak máme napríklad nejaký rozbehnutý motor a chceme ho zabrzdiť, tak vtedy ho môžeme využiť ako generátor ktorý v statorovom vinutí premení kinetickú energiu roztočeného rotora na elektrickú, ktorá sa vráti naspäť do siete. Avšak ak je na vstupe pred medziobvodom použitý len neriadený diódový usmerňovač tak vrátenie energie do siete cez tento usmerňovač nie je možné. V tomto prípade je potrebné, aby bol paralelne ku kapacitnej batérii medziobvodu pripojený aj odpor v ktorom sa bude prebytočná energia mariť na teplo aby sme neprekročili maximálne hodnoty napätia na kondenzátorovej batérii.

Výstupné napätie zvyšujúceho meniča, teda napätie na záťaži, vypočítame podľa vzťahu:

$$U_{ZAV} = \frac{T-t_{on}}{T} \cdot U_d = (1 - z) \cdot U_d$$

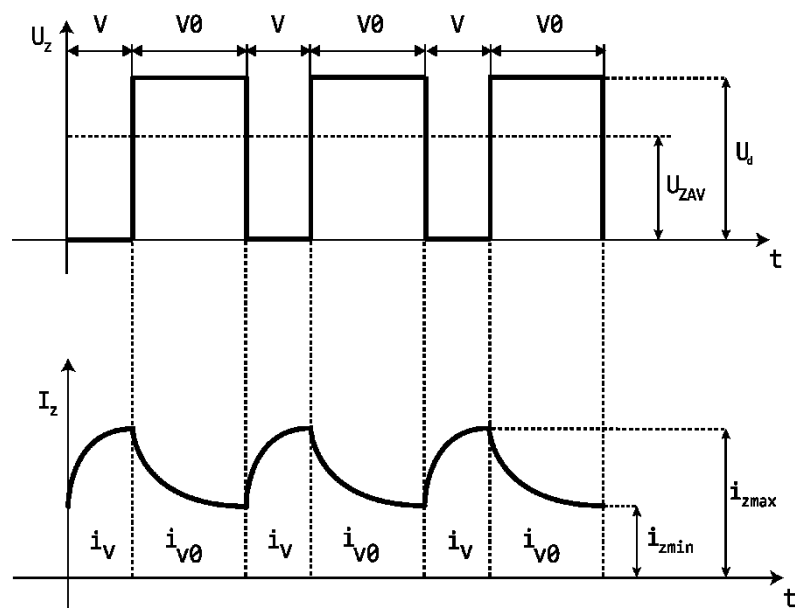
Kde T je perióda spínania tranzistora, t_{on} je doba po ktorú je tranzistor zopnutý a U_d je veľkosť napätia jednosmerného medziobvodu. Pre výpočet strednej hodnoty spojitého(neprerušovaného) prúdu na záťaži platí vzťah:

$$I_{ZAV} = \frac{U_i - U_{ZAV}}{R_1}$$

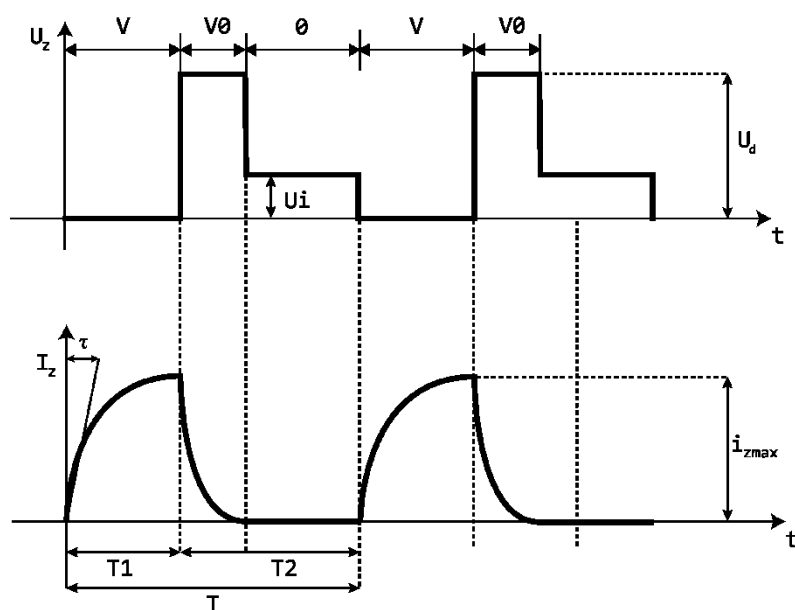


Obr. 6 Schéma zapojenia zvyšujúceho PM

Ako je vidno na schéme zapojenia, tak sa tento typ meniča skladá zase z usmerňovača na vstupe a jednosmerného medziobvodu ku ktorému je paralelne pripojený rezistor kvôli tomu že cez neriadený usmerňovač nie je možné vracat' energiu späť do siete. Ako záťaž je pripojený RL obvod s pridaným protinapätím. Ako už bolo povedané tento typ pre svoju funkciu potrebuje zdroj protinapätia.



Obr. 7 Priebehy napätí a prúdu na zvyšujúcom PM pri neprerušovanom prúde

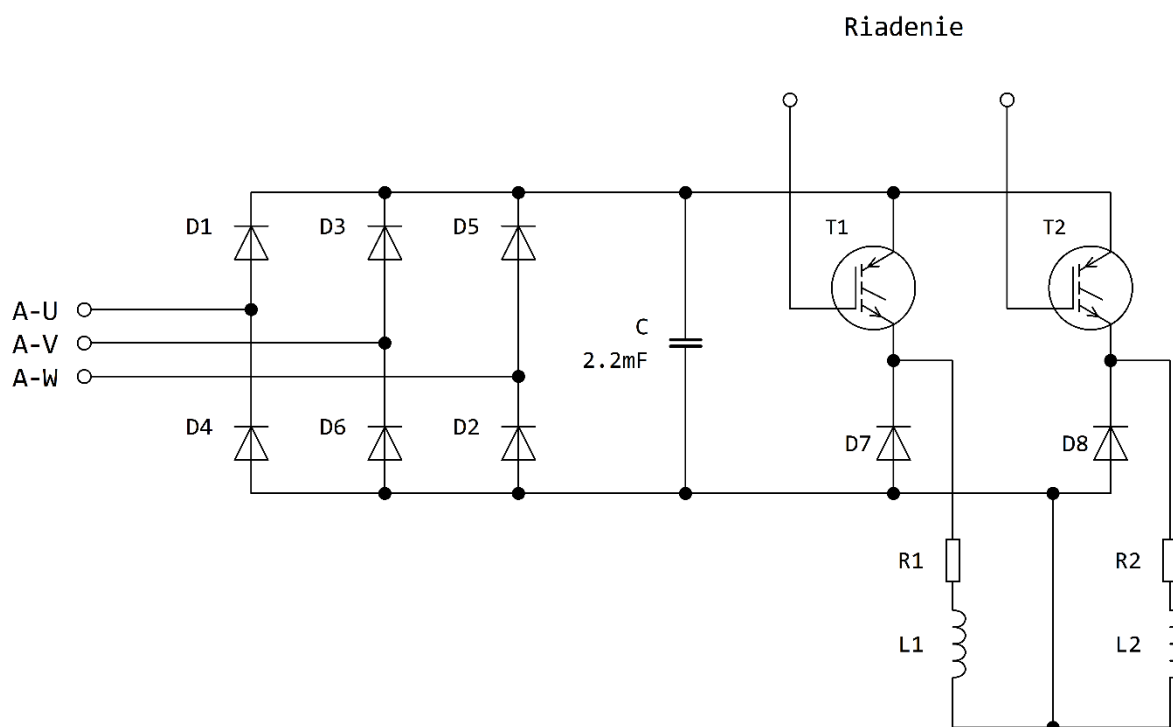


Obr. 8 Priebehy napätí a prúdu na zvyšujúcom PM pri prerušovanom prúde

Pre riadenie výstupu Znižujúceho a Zvyšujúceho PM je teda potrebné nastavovať (ak to usmerňovač umožňuje) veľkosť napätia v medziobvode a striedu spínania tranzistorov a v neposlednom rade aj spínaciu frekvenciu ktorá má za následok zmenu zvlnenia výstupného prúdu.

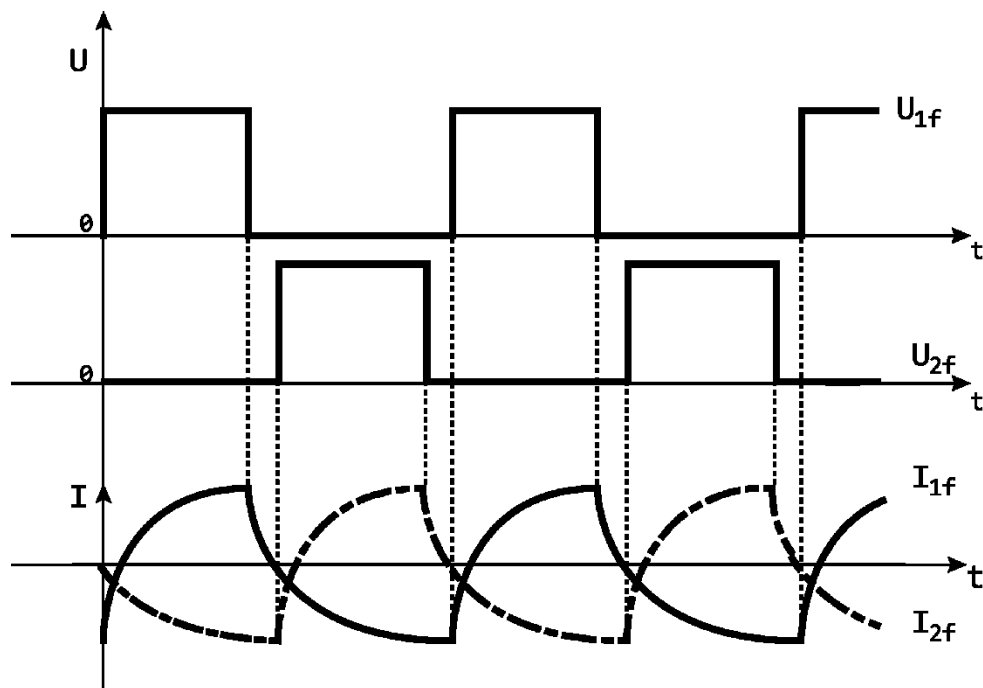
1.2.3. Dvoj a viac fázové varianty pulzných meničov

Dvoj a viac fázové varianty vyššie zmienených pulzných meničov sa využívajú hlavne kvôli zníženiu zvlnenia výstupného prúdu meniča. V predchádzajúcej kapitole bolo povedané, že na zvlnenie výstupného prúdu meniča má vplyv hlavne veľkosť frekvencie spínania tranzistorov, strieda s ktorou sa tieto spínače zopínajú a veľkosť indukčnosti v záťaži meniča. Zmena indukčnosti v záťaži je problém ak by bol záťažou meniča nejaký motor, tak tu veľkosť indukcie môžeme zmeniť iba ak pridaním ďalších vyhladzovacích tlmiviek čo má v konečnom dôsledku za výsledok predraženie celej konštrukcie a zväčšenie rozmerov. Ďalšou metódou je zvyšovanie frekvencie spínania tranzistorov. V tomto ohľade sme však limitovaný maximálnymi parametrami samotných spínacích prvkov (maximálna doba zopnutia a vypnutia). Čím viac by sa spínacia frekvencia zvyšovala, zvyšovali by sa aj spínacie straty a tak by sme potrebovali zase lepšie chladenie samotných súčiastok. Pri riadení sa snažíme využívať čo najvyššiu spínaciu frekvenciu aká je možná a v rámci určitých kompromisov medzi veľkosťou zvlnenia prúdu a výslednými spínacími stratami na súčiastkach. Určitým kompromisom ako docieľiť zníženie zvlnenia výstupného prúdu je použitie dvoj alebo viac fázových variant jednosmerných meničov.



Obr. 9 Schéma dvoj-fázového znižujúceho PM

Fázy takto riadeného meniča pracujú s fázovým posunom pol periódy a hlavnou výhodou je zníženie zvlnenia združeného prúdu medzi fázami. Toto vedie k zníženiu potreby ďalšej filtrácie prúdu kondenzátormi alebo prídavnými tlmivkami.



Obr. 10 Priebehy napätia a prúdu na dvojfázovom PM

1.2.4. Spôsoby riadenia pulzných meničov

Ako už z predchádzajúceho rozboru vyplýva, na riadenie znižujúceho a zvyšujúceho meniča je potrebné nastavovať spínaciu frekvenciu tranzistorov keďže táto hodnota má vplyv na zvlnenie prúdu na záťaži. Ako ďalšiu hodnotu bude treba nastavovať veľkosť napätia v medziobvode (ak to dovoľuje usmerňovač na vstupe) ktorou sa bude následne určovať rozsah výstupného napätia. A na veľkosť výstupného napätia má hlavne vplyv zaťažovateľ čiže strieda spínania tranzistora. Pre kontrolu správnosti riadenia bude potrebné merať reálne napätie v jednosmernom medziobvode.

Riadenie spínania tranzistora môže byť vytvorené niekoľkými spôsobmi a to:

- Riadenie s konštantným kmitočtom spínania
- Dvojhodnotové riadenie
- Riadenie s konštantnou dobou zopnutia

Riadenie s konštantným kmitočtom spínania

Ako už názov napovedá tak frekvencia spínania tranzistora je konštantná, nami nastavená a nemení sa. Riadenie teda prebieha len zmenou zaťažovateľa $z = \frac{T_{on}}{T}$. Princíp spočíva v porovnávaní pílového napätia o konštantnej frekvencii $f = \frac{1}{T}$ s riadiacim napätím. V okamihu kedy má riadiace napätie väčšiu

hodnotu ako píllové tak sa spínač vypína a zase keď je hodnota riadiaceho napätia menšia tak je spínač zapnutý. Toto riadenie je veľmi ľahko implementovateľné aj do analógovej techniky.

Dvojhodnotové riadenie

Tento štýl riadenia pracuje tak, že udržiava nami zvolenú hodnotu maximálneho rozkmitu prúdu Δi konštantnú. A to tak, že sa meria výstupný prúd i_d a ak je táto hodnota väčšia ako $i_d + \frac{\Delta i_d}{2}$ tak sa spínač vypína, a čaká sa kým klesne meraný prúd klesne na hodnotu $i_d - \frac{\Delta i_d}{2}$ tak sa spínač zase zapína. Z tohto popisu riadenia je podľa parametrov záťaž zrejme že sa bude meniť hodnota frekvencie spínania, prúd i_d , rozkmit a zaťažovateľ.

Výhodou tohto riadenia je to, že rozkmit prúdu je presne zadaný a môžeme si ho upraviť podľa seba. Ak by sme však chceli výstupný prúd meniča $I_z = i_d < i_d - \frac{\Delta i_d}{2}$ tak to bude mať za následok trvalé vypnutie spínača a z toho vyplýva že chod s prerušovaným prúdom na záťaži nie je pri tomto riadení možný.

Riadenie s konštantnou dobou zopnutia

Tento druh riadenia pracuje tak že sa udržiava konštantná doba zopnutia tranzistora T_{on} a zmena striedy spínania sa vykonáva zmenou frekvencie spínania.

Porovnanie týchto spôsobov riadenia

Najpoužívanejšie a v meniči ZS1-6 aj použité je riadenie s konštantným kmitočtom. Jedným a asi aj najdôležitejším dôvodom je samotný fakt že poznáme presnú spínaciu frekvenciu a teda na túto frekvenciu môžeme pomerne ľahko navrhnuť filtre. Pri ostatných dvoch riadeniach sa frekvencia spínania stále mení a preto by bolo potrebné riešiť nejaké širokopásmové filtre ktoré sú ale finančne náročné a zložité na návrh.

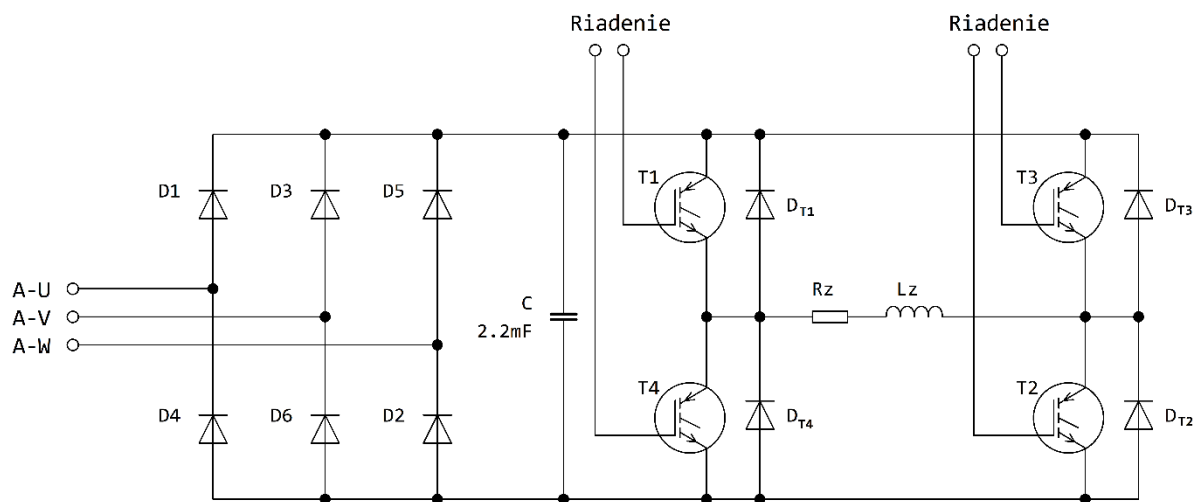
1.3. Módy riadenia meniča - Striedavý menič

Striedavé meniče sú zariadenia, ktoré menia jednosmerné vyhladené napätie (nejakej batérie alebo usmernené napätie jednosmerného medziobvodu) na striedavé napätie o určitej frekvencii a veľkosti.

Najčastejšie sa tieto meniče používajú na napájanie jednofázových alebo trojfázových striedavých pohonov, alebo ako nepriame meniče frekvencie pre iné aplikácie.

V ďalších kapitolách budú postupne prebrané jednotlivé varianty týchto meničov a taktiež aj ich spôsoby riadenia.

1.3.1. Jednofázový napät'ový striedač



Obr. 11 Schéma zapojenia jednofázového striedača

Ako je už zo schémy zapojenia vidno, tak tento menič sa skladá na vstupnej strane z usmerňovača, jednosmerného medziobvodu ktorý toto usmernené napätie vyhladí a samotného striedača zloženého zo štyroch spínacích tranzistorov, kde je ku každému antiparalelne pripojená spätná dióda. Tento menič dokáže pracovať ako 4-kvadrantový menič. To znamená, že umožňuje prechod energie ako zo zdroja do záťaže tak aj naopak rekuperovať energiu zo záťaže do zdroja. Z toho vyplýva podmienka, že usmerňovacia časť meniča musí taktiež dovoliť prechod prúdu naspäť do zdroja energie. Ak takáto možnosť nie je tak sa všetka rekuperovaná energia hromadí v jednosmernom medziobvode kde môže v tomto dôsledku stúpať napätie až dôjde k zničeniu samotnej kapacitnej batérie. Preto tam musia byť pripojené paralelne ku kapacitnej batérii aj odpory v ktorých sa bude prebytočná energia mariť na teplo.

Princíp spínania závisí od zvoleného módu riadenia a to môže byť:

- Šírkové riadenie
- Unipolárne riadenie
- Bipolárne riadenie

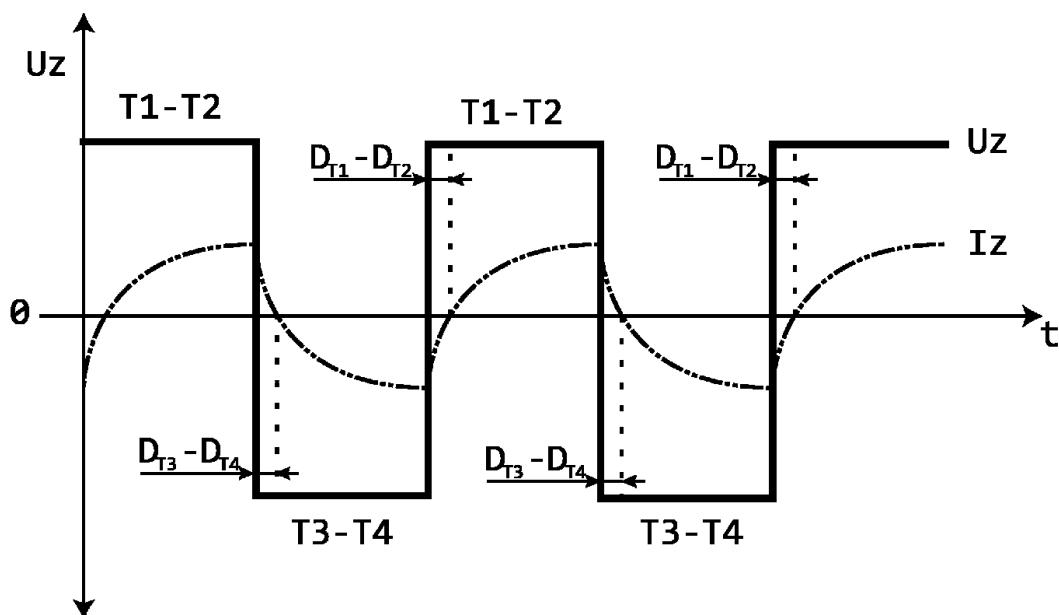
Tieto metódy riadenia sú prebrané v ďalších kapitolách.

Pri všetkých módoch dochádza k pravidelnému spínaniu a vypínaniu tranzistorov. Doba po ktorú sú tranzistory zopnuté sa nazýva programový uhol alebo inak uhol zopnutia. Označuje sa gréckym písmenom Ψ . Programový uhol Ψ môže nadobúdať hodnoty od 0 až do hodnoty π . Ak by bol tento uhol väčší ako π tak by dochádzalo k súčasnému spínaniu tranzistorov v jednej vetve, čo by malo za následok tvrdý skrat a zničenie buď istenia meniča alebo aj samotných spínacích súčiastok. Aby k tomuto stavu nedošlo tak sa medzi čas vypnutia jedného spínača a zapnutia iného spínača v tej istej

vetve vkladá určitý časový okamih, kedy nie je možné ten druhý tranzistor zapnúť. Tento čas sa označuje v literatúre ako DeadTime.

Tento menič pracuje tak, že v prvom okamihu sa zopnú tranzistory T1 a T2 a napätie na záťaži bude mať hodnotu napätia v medziobvode teda U_d . Ak je v záťaži okrem odporu aj indukčnosť o určitej hodnote, tak prúd exponenciálne narastá až na hodnotu $i_z = \frac{U_d}{R_z}$. Časť energie zo zdroja sa marí na teplo v ohmickej časti záťaže a časť sa akumuluje v indukčnosti.

V druhom takte sa najskôr pred zapnutím druhej dvojice tranzistorov vloží DeadTime a potom sa zopnú tranzistory T3 a T4. Po vypnutí predchádzajúcej dvojice a zapnutí aktuálnej však prúd ešte nezaniká a to v dôsledku pôsobenia indukčnosti v záťaži ktorá má v sebe akumulovanú určitú energiu a udržuje tok prúdu v pôvodnom smere. Tento sa zatiaľ uzatvára cez spätné diódy D_{T1} a D_{T2} . Po poklese prúdu na hodnotu 0 preberajú celý prúd záťažou tranzistory T3 a T4 ktoré boli doteraz (aj napriek tomu že na ne bol poslaný spínací impulz) vypnuté kvôli tomu že zopnuté spätné diódy na nich udržiavali záporné napätie lebo napäťový úbytok na zopnutých diódach je cca 0.7 – 1V. Po tom ako prúd preberú tranzistory jeho hodnota exponenciálne klesá k hodnote $i_z = \frac{-U_d}{R_z}$. Opäť sa časť energie akumuluje v indukčnosti a preto sa tento dej deje aj v ďalšom takte.



Obr. 12 Priebehy napätia a prúdu na záťaži 1-fázového striedača

Pre efektívnu hodnotu napätia na záťaži platí vzťah:

$$U_{zRMS} = U_d \sqrt{\frac{\psi}{\pi}}$$

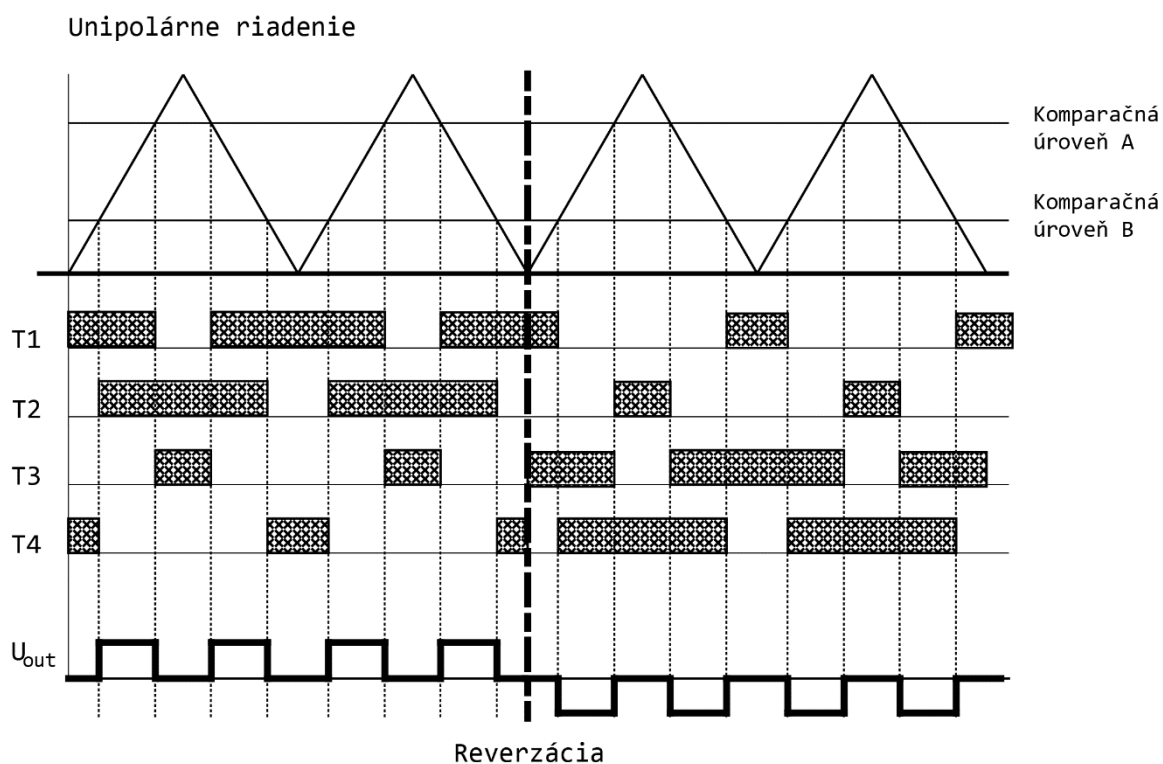
1.3.1.1. Bipolárne a unipolárne PWM riadenie jednofázového striedača

Princíp PWM – pulzne šírkovej modulácie spočíva v porovnávaní pílitého napätia s určitým referenčným napätím. Toto sa môže vykonávať či už analógovo tak aj digitálne. Vždy keď je referenčné napätie väčšie/menšie ako pílité, dochádza k zapnutiu/vypnutiu spínacích tranzistorov. Výstupné napätie je možné regulovať zmenou amplitúdy a frekvencie riadiaceho referenčného napätia. Samotný pomer medzi veľkosťami pílitého napätia U_p a riadiaceho referenčného napätia U_{ref} sa nazýva Hĺbka modulácie a označuje sa m .

$$m = \frac{U_{ref}}{U_p}$$

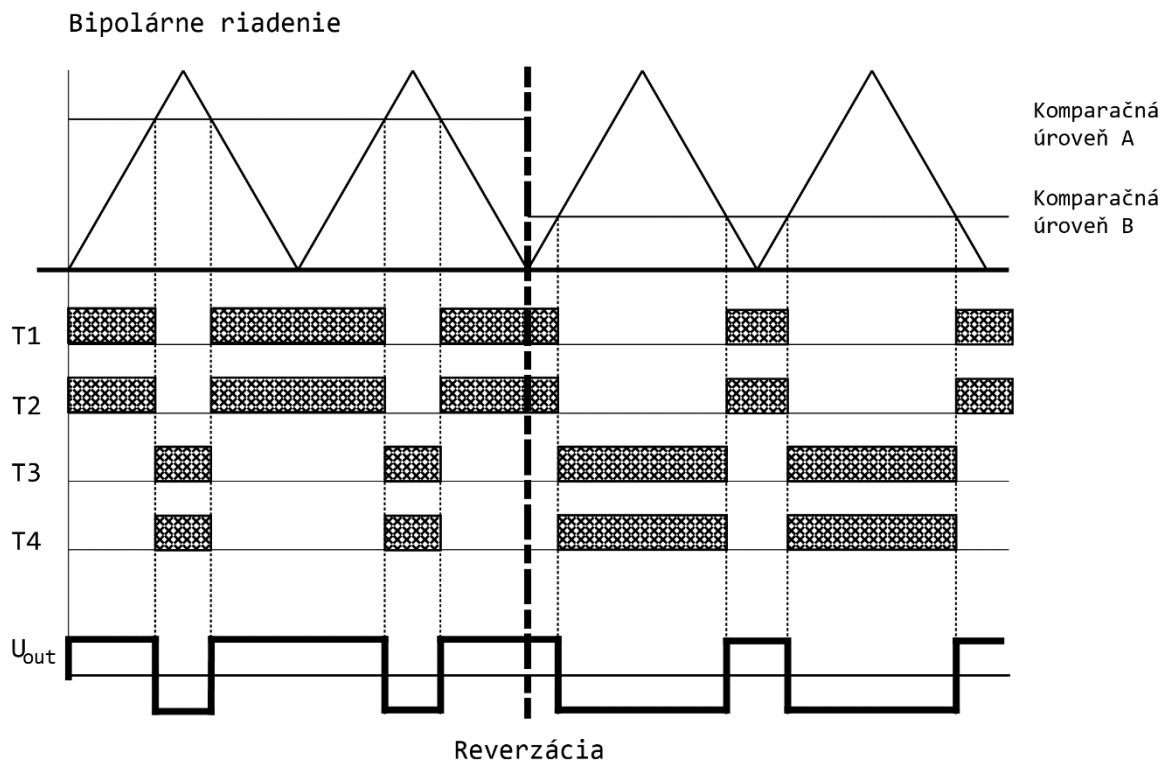
Hlavný rozdiel medzi unipolárnym a bipolárnym riadením je v rozkmitení výstupného napätia a prúdu.

Unipolárne riadenie pracuje tak, že výstupné napätie je spínané a to v intervale $+U_d$ až 0 poprípade pre záporné napätie 0 až $-U_d$. Unipolárne riadenie vykazuje na výstupe kolísanie napätia len o hodnotu U_d .



Obr. 13 Unipolárne riadenie – Spínací diagram

Bipolárne napätie pracuje tak, že výstupné napätie dosahuje hodnôt od $+U_d$ až $-U_d$. Z toho vyplýva že napätie kolíše o veľkosti $2U_d$.



Obr. 14 Bipolárne riadenie - Spínací diagram

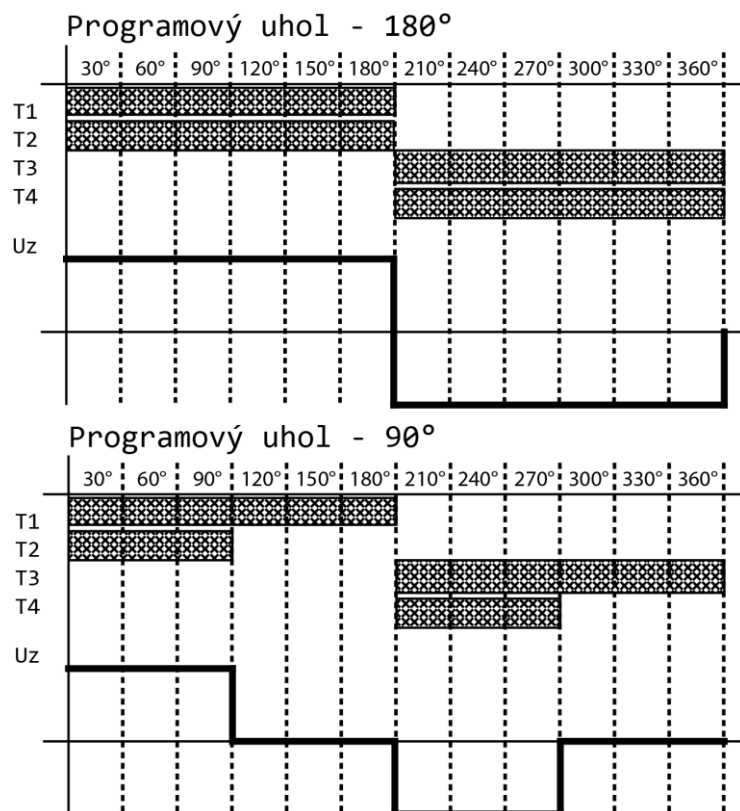
1.3.1.2. Šírkové riadenie jednofázového striedača

Princíp šírkového riadenia striedačov spočíva v premenlivej dĺžke zopnutia tranzistorov vo vetve. Čas po ktorý sú tieto tranzistory zopnuté sa rovnako ako u PWM riadenia nazýva Programový uhol a taktiež sa označuje gréckym písmenom Ψ . Ako už bolo spomenuté tak tento uhol môže nadobúdať hodnoty od 0 až π . Ak by bol väčší ako π tak by došlo na striedači k skratu a možnému zničeniu celého zariadenia. Tým ako meníme programový uhol tak sa mení dĺžka zopnutia tranzistorov a teda hodnota výstupného napätia a prúdu samotného striedača.

Veľkosť strednej hodnoty výstupného napätia pri šírkovom riadení sa dá určiť pomocou vzťahu :

$$U_{ZAV} = U_d \sqrt{\frac{\Psi}{\pi}}$$

Pre tento typ riadenia je výhodné spínať vždy iba jeden z dvojice tranzistorov vo vetve lebo pri spínaní oboch sa na výstupe objavujú nepriaznivé napäťové krivky.



Obr. 15 Priebeh napätia na záťaži pri šírkovom riadení pri R záťaži

1.3.1.3. Zhrnutie riadenia 1-fázového striedača

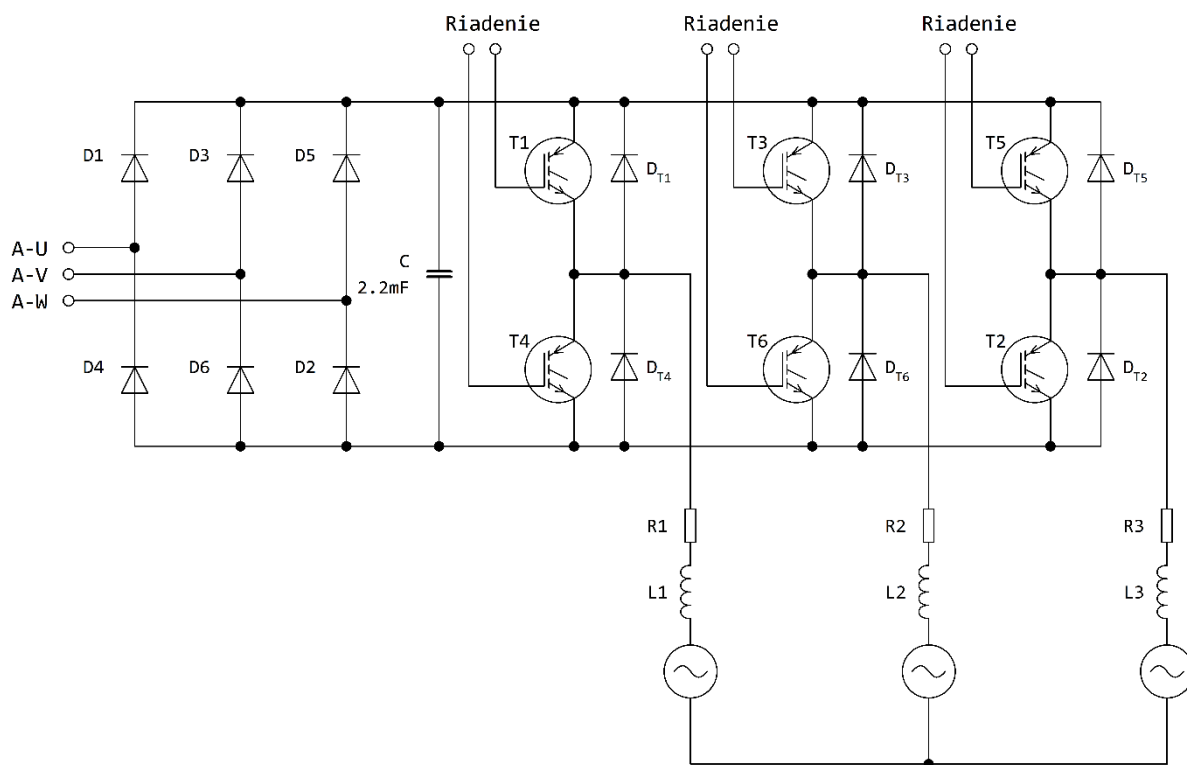
Z predchádzajúceho rozboru vyplýva, že riadenie jednofázového striedača je možné pomocou Šírkového/Bipolárneho/Unipolárneho riadenia. Vo všetkých druhoch riadeniach je potrebné nastavovať frekvenciu spínania tranzistorov s ohľadom na rozkmit výstupného prúdu a so stúpajúcou frekvenciou aj na stúpajúce spínacie straty na spínacích súčiastkach a s tým spojené ohrievanie meniča. Ak nám to predradený usmerňovač s jednosmerným medziobvodom dovoľuje tak môžeme nastavovať aj veľkosť napätia v medziobvode (meniť spínanie riadeného usmerňovača na vstupe meniča). Ak sa bude používať len ako diódový usmerňovač tak veľkosť napätia v medziobvode bude určená veľkosťou napájacieho napätia.

Ďalším parametrom ktorý bude potrebné nastaviť je Programový uhol Ψ . Týmto sa bude ovládať veľkosť výstupného napätia na striedači. Veľkosť tohto parametru musí byť obmedzená na rozsah od 0 až 180°.

Keď už je zadaná spínacia frekvencia tranzistorov a aj programový uhol po ktorý budú zopnuté tak posledný parameter je samotná frekvencia výstupného napätia na striedači.

Pri Bipolárnom a Unipolárnom riadení sa dá nastaviť aj hĺbka modulácie m .

1.3.2. Trojfázový napäťový striedač



Obr. 16 Schéma zapojenia 3-fázového striedača

Zo schémy je vidno že tento menič sa na vstupnej strane skladá zo šesť-pulzného neriadeného usmerňovača s jednosmerným medziobvodom a na strane výstupu sú to spínacie IGBT tranzistory v katódovej a anódovej skupine a ku každému antiparalelne zapojené diódy nevyhnutné pre správny chod striedača.

1.3.2.1. PWM riadenie trojfázového striedača

Princíp PWM riadenia je úplne rovnaký ako pri jednofázovom striedači. Podstatné na zapamätanie je to, že veľkosť spínacej frekvencie tranzistorov priamo súvisí s veľkosťou zvlnenia výstupného prúdu a z tohto dôvodu sa musí dať veľkosť tejto spínacej frekvencie nastavovať.

Metóda PWM riadenia sa označuje ako skalárne riadenie. Je to jednoduché riadenie napr. otáčok motora ktoré avšak neumožňuje priame riadenie momentu. Toto má za následok zhoršenú dynamiku regulácii rýchlosti a optimálnu prevádzku v ustálenom stave. Kvôli týmto vlastnostiam sa hlavne používa iba pre dynamicky nenáročné aplikácie ako je napríklad riadenie pohonov ventilátorov alebo čerpadiel.

Poznáme niekoľko ďalších druhov PWM riadenia a to :

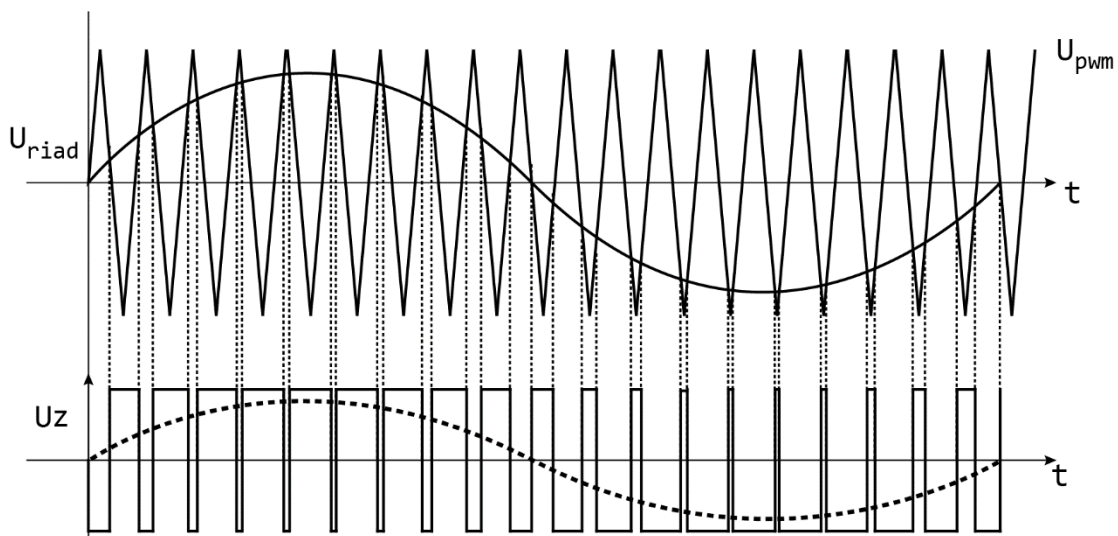
- Komparačná PWM
- Komparačná PWM s pridaním 3. harmonickej zložky signálu
- Vektorová PWM

Tieto budú prebrané v ďalších kapitolách.

1.3.2.2. PWM riadenie trojfázového striedača – Komparačná PWM

Princíp komparačnej PWM ako už z názvu vyplýva je v komparovaní (porovnávaní) trojuholníkového napätia s referenčným sínusovým signálom. Pri rovnosti v týchto signálov dochádza k prepínaním spínacích prvkov v príslušných vetvách meniča. Keďže sa jedná o trojfázový striedač tak tieto komparačné úrovne referenčného napätia sú tu tri.

Veľkosť výstupného fázového napätia sa dá regulovať zmenou veľkosti referenčného sínusového signálu. Pomer medzi týmito dvoma hodnotami sa nazýva hĺbka modulácie a označuje sa písmenom m . Môže nadobúdať hodnoty v rozsahu od 0 do 1.



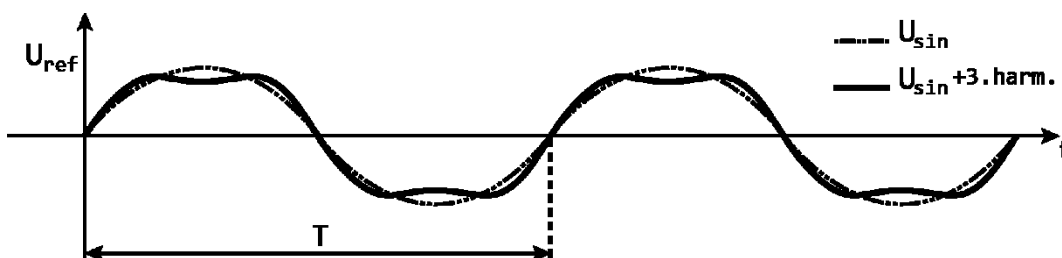
Obr. 17 PWM riadenie trojfázového striedača

Hlavnou nevýhodou tohto druhu riadenia je to že aj pri a maximálnej hĺbky modulácie je možné využiť iba 50 percent z napájacieho napätia jednosmerného medziobvodu.

1.3.2.3. PWM riadenie trojfázového striedača – Komparačná PWM + 3. harmonická zložka signálu

Hlavná zmena oproti klasickému PWM riadeniu je v tom že tu sa ku referenčnému sínusovému signálu pridáva 3. harmonická zložka tohto signálu a to v určitom pomere. Optimálny pomer je 1/6 amplitúdy 1. harmonickej tohto signálu. Vďaka tomu je možné pri maximálnej hĺbke modulácie, čiže $m=1$, lepšie využitie napätového medziobvodu a to asi o 15 percent čím sa dostaneme na hodnotu $0,557U_d$.

Po pridaní tejto tretej harmonickej zložky referenčné sínusové napätie zmení svoju tvar a vyzerá ako lichobežník. Medzi ďalšiu z jeho výhod patrí nižší obsah harmonických najmä pri väčších hĺbkach modulácie.



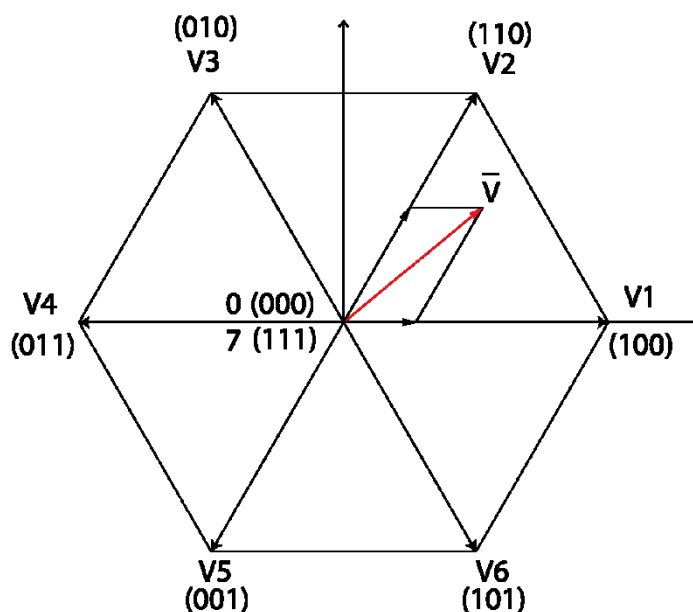
Obr. 18 Komparačný signál s pridaním 3. harmonickej zložky signálu

1.3.2.4. PWM riadenie trojfázového striedača – $U/F = \text{konšt.}$

Pri stálom momente na hriadeli je nutné udržať konštantný magnetický tok. To sa dá spraviť iba pomocou toho, keď sa zároveň mení napätie a frekvencia tak, aby platilo $u/f = \text{konštanta}$. Ak by sme napätie nechali konštantné a zmenšovali frekvenciu, malo by to za následok nárast magnetického toku v motore, nasýtenie stroja a zväčšenie magnetizačného prúdu a teda aj nadmerné otepľovanie motora. Naopak zväčšenie spínacej frekvencie pri konštantnom fázovom napätím vedie k zmenšovaniu magnetického toku čo spôsobí narást rotorového prúdu, nadmerné oteplenie vinutia a taktiež aj zníži maximálny moment motoru. Preto pre dosiahnutie maximálneho možného momentu motoru musíme zároveň meniť obe tieto veličiny čiže aj frekvenciu a napätie tak, aby ich pomer zostal stále konštantný.

1.3.2.5. PWM riadenie trojfázového striedača – Vektorová PWM

Vektorové riadenie striedavého motoru umožňuje prevádzku motoru v optimálnych podmienkach a to ako v ustálenom stave tak aj počas prechodových dejov. Základnou podmienkou pre vektorové riadenie striedavého motoru je oddelenie regulačného obvodu pre moment motoru a magnetický tok motoru tak, aby sa vzájomne neovplyvňovali.



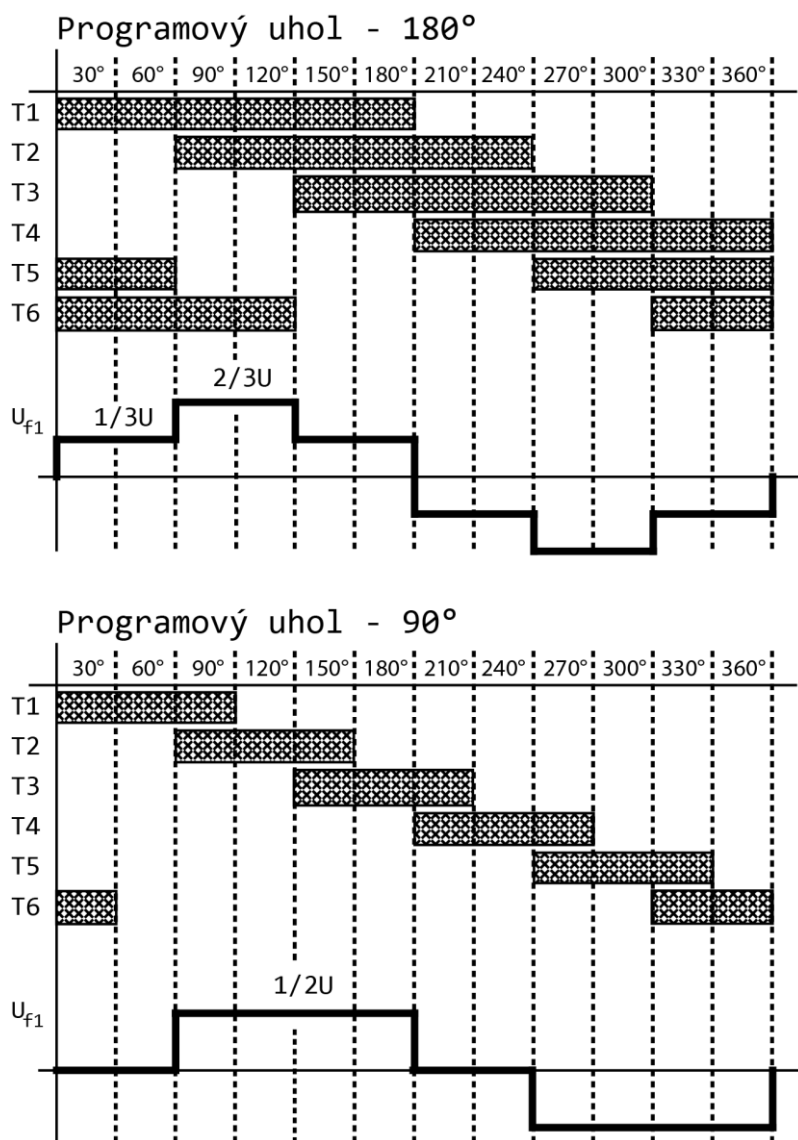
Obr. 19 Vektorové riadenie – spínacie vektory

Po zistení aktuálnej polohy rotoru a vypočítaní potrebných vektorov magnetizačného prúdu a tokotvorného prúdu sa musia tieto vektory realizovať. Realizujú sa pomocou spínania výkonových prvkov a počet kombinácií ktoré môžeme zapnúť na trojfázovom striedači je osem z toho v 6 je aktívnych a dva sú nulové. Po ich zakreslení tvoria šesťuholník a výsledný vektor statorového napätia sa pohybuje vnútri alebo po obode tohto 6 uholníka. Veľkosť výsledného vektora je ovplyvnená dobou zopnutia príslušných vektorov za periódu.

1.3.2.6. Šírkové riadenie trojfázového striedača

Šírkové riadenie je metóda riadenia, ktorá sa používa najmä pre dynamicky nenáročné aplikácie pri ktorých sa vyskytujú menej časté a pozvoľné zmeny riadiacej veličiny napr. rýchlosti alebo záťaže. Pri tomto riadení sa nastavuje dĺžka po ktorú sú spínacie prvky zopnuté. Táto dĺžka sa označuje Programový uhol a označuje sa gréckym PSI Ψ . Dá sa nastavovať v rozmedzí 0 až π . Aby sa pri riadení dosiahol neprerušovaný prúd potrebujeme tranzistory spínať s minimálnym fázovým posunom 60° . Ak je tento posun menší ako 60° tak tak nedochádza k zapnutiu spínačov z katódovej a anódovej skupiny súčasne a fázami teda nepreteká žiaden prúd. Maximálna hodnota programového uhlu môže byť 180° . Pri prekročení tejto hodnoty dochádza rovnako ako pri jednofázovom striedači k medzi-fázového skratu a tým k zničeniu ochrán samotného meniča alebo aj k možnému zničeniu celého zariadenia.

Princíp spínania tranzistorov šírkovým riadením je rovnaký ako pri jednofázovom striedači. Zmena veľkosti programového uhlu má za následok zmenu efektívnej hodnoty výstupného napätia na striedači. Je to spôsobené tým že pri uhloch nad 120° sa zároveň spínajú 3 spínače. Pri programových uhloch menších ako 120° dochádza k spínaniu ale iba dvoch spínačov.



Obr. 20 Priebehy fázového napätia na 3f- striedači pri šírkovom riadení

1.4. Pulzný usmerňovač

Pulzný usmerňovač je zariadenie ktorého hlavnou úlohou je to, aby odoberaný prúd zo siete bol harmonický a bol vo fáze s odoberaným napätím – aby mal jednotkový účinník. Pulzné usmerňovače môžu byť : S vlastnou alebo vonkajšou komutáciou, prúdové alebo napäťové, jednokvadrantový alebo dvojkvadrantový.

Schéma pulzného usmerňovača je úplne taká istá ako trojfázového napäťového striedača na obr. 16.

Pri riadení pulzného usmerňovača treba spínať súčiastky tak, aby toto spínanie bolo synchronizované so sieťou .

Existuje niekoľko metód riadenia pulzného usmerňovača a to:

- Dvojhodnotové riadenie – Pomocou fázového závesu sa vytvára riadiaci trojfázové napätie ktoré sa násobí s žiadaným prúdom. Toto sa porovnáva so skutočnou hodnotou prúdu pomocou hysterézneho regulátora. Hlavnou výhodou takéhoto riadenia je to, že odoberaný prúd je takmer harmonický.
- Riadenie bez regulácie riadiaceho uhlu – Pri tomto riadení sa dá regulovať veľkosť odoberaného prúdu ktorý má sínusový tvar ale nedá sa regulovať účinník.
- Riadenie so selektívnou elimináciou vyšších harmonických – Pri tomto riadení sa potláčajú vyššie harmonické zložky odoberaného prúdu a to väčšinou 5. a 7. alebo 11. a 13. Medzi hlavnú nevýhodu tohto riadenia je jej náročnosť na výpočty.
- Riadenie s reguláciou fázového posunu – Volí sa uhol zopnutia tak, aby medzi napájacím napätím a odoberaným prúdom vznikol určitý fázový posun.
- Vektorové riadenie – Toto riadenie je obdobné riadeniu motorov. Dá sa teda priamo regulovať činná a jalová zložka odoberaného prúdu z meniča. Jednotlivé zložky prúdu musia byť od seba navzájom oddelené aby sa neovplyvňovali.

2. Praktická časť vyhotovenia práce

2.1. Návrh riešenia

V teoretickom rozbere sme prebrali všetkými a rôzne módy v ktorých dokáže menič ZS1-6 pracovať a prebrali sme aj parametre ktoré musia byť pre jednotlivé módy nastavené. V praktickej časti tejto práce je za úlohu navrhnuť riadiaci panel pre ovládanie tohto meniča. Cez tento panel sa budú musieť dať nastaviť všetky módy a parametre potrebné pre fungovanie. Samotné nastavovanie či už módov alebo parametrov musí byť vymyslené tak aby bolo jednoduché a intuitívne ale zároveň funkčné a praktické.

Aktuálny spôsob akým bolo toto riadenie a spravené bolo cez program vytvorený v programe LabView, ktoré síce umožňovalo zadávanie aj zobrazovanie všetkých potrebných hodnôt ale nevýhoda tohto riešenia bola taká, že tento program musel byť nainštalovaný na každom jednom počítači pomocou ktorého sa chcelo ovládať menič. Preto som sa v mojej práci snažil túto vec odstrániť a celý riadiaci panel bude implementovaný a namontovaný priamo na vrchnom kryte meniča. Preto pre jeho nastavenie nebude nutné sťahovanie a inštalovanie žiadnych programov ale bude možné okamžite po zapnutí riadiaceho panelu menič nastavovať.

Tento riadiaci panel musí vedieť hodnoty nie len zadávať ale aj zobrazovať namerané hodnoty z meniča kde sa merajú najmä vstupné napätia, napätie medziobvodu a teploty na tranzistoroch.

Premýšľal som nad viacerými možnosťami zhotovenia tohto panelu jedna z možností bola že pre zobrazovanie dát by sa používal grafický displej a pre zadávanie hodnôt by bola využívaná malá číselná klávesnica. Avšak toto riešenie mi prišlo nie moc intuitívne a preto som sa ako finálne riešenie rozhodol použiť grafický dotykový displej ktorý zvláda obe tieto úlohy zároveň. V ďalších kapitolách budú prebrané základy pre tento displej a budú pridané fotky ako toto samotné riadenie vyzerá a čo dokáže.

Ďalším spôsobom akým sa môže menič nastavovať je Webové rozhranie/aplikácia. Túto možnosť som vytvoril bonusovo ku displeju a pridáva zaujímavé možnosti ovládania. Pre pripojenie stačí mať ľubovoľný notebook/PC pripojený cez sieťový kábel. Pre pripojenie sú potrebné len malé nastavenia ktoré sú popísané v kapitole 3 v Návode na použitie. Základy pre webové rozhranie, snímky obrazovky z neho a návod na jeho nastavenie/používanie bude napísaný v ďalších kapitolách.

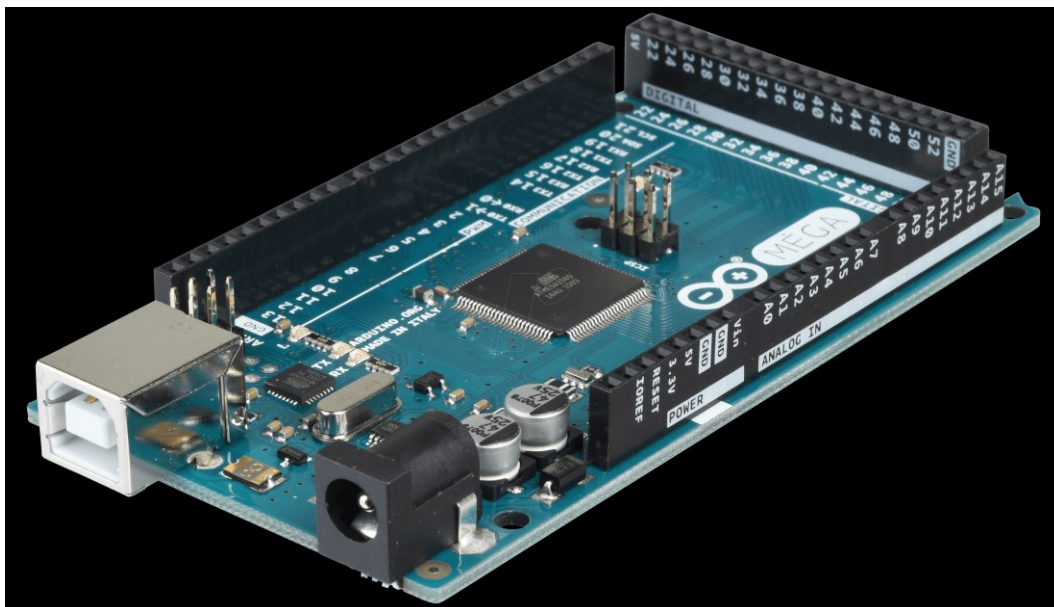
2.2. Použitý mikrokontrolér

Pri riadení cez dotykový displej bude potrebné na tento displej vykresľovať pomerne veľa textu a obrázkov a uložiť ich zaberie veľa pamäte. Toto bolo jedno z hlavných kritérií pri výbere samotného mikroprocesoru pre riadenie displeja. Ako najlepšiu voľbu som zvolil mikrokontrolér od spoločnosti Atmel a presne ATmega2560. Tu sú niektoré z hlavných jeho parametrov:

- Flash pamäť o veľkosti 256KB
- 8KB SRAM pamäte
- 4KB EEPROM pamäť
- 4x USART komunikačné rozhranie
- SPI a I2C komunikácia
- 86 I/O pinov
- Takt procesora 16MHz
- Prevádzkové teploty od -40°C do 85°C

Tieto parametre z neho tvoria ideálny procesor pre túto úlohu. Tento mikrokontrolér je osadený aj vo vývojovej doske Arduino ATmega2560 kde už je ošetrované napájanie vyvedené všetky piny aj komunikačné rozhrania, spravená 5 voltová aj 3,3 voltová napäťová úroveň, SPI rozhranie, kryštál A USB port.

Keďže táto vývojová doska je veľmi populárna rozhodol som sa ju použiť a vďaka jej popularite je na trhu aj veľa LCD dotykových displejov ktoré majú vývody umiestnené priamo tak aby sa dali len ľahko nastoknúť na túto vývojovú dosku.

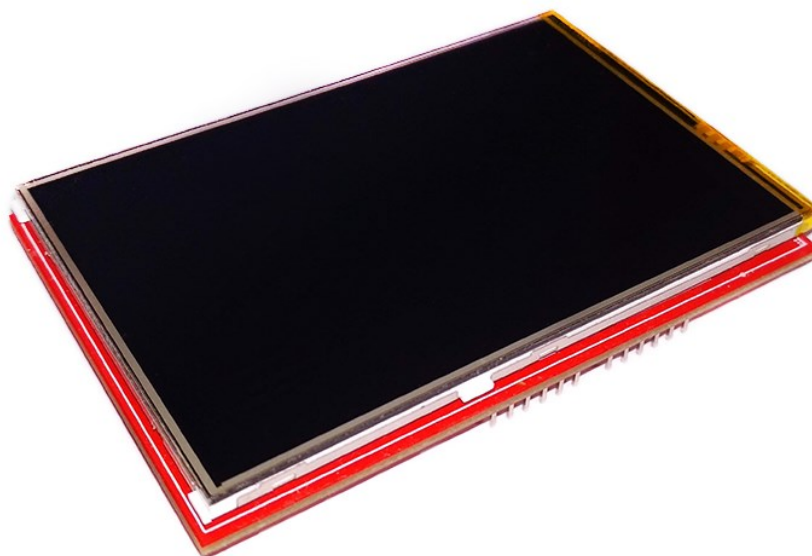


Obr. 21 Vývojová doska Arduino Mega 2560

2.3. Použitý displej

Ako som už spomenul tak pri vývoji finálneho riešenia tejto práce som premýšľal nad viacerými variantami kde jednou z nich bolo použitie LCD displeja na zobrazovanie hodnôt + malej klávesnice na zadávanie čo mi ale v konečnom dôsledku neprišlo príliš intuitívne a tak som sa na koniec rozhodol použiť dotykový displej. Vybral som 3,5“ (8,9cm uhlopriečka) dotykový LCD displej. Tento displej je riadený radičom ILI9486 a jeho rozlíšenie je 480x320px. Displej dokáže vykresliť 262 tisíc farieb a disponuje rezistívnou (tlakovou) dotykovou plochou ktorá dokáže snímať až 1024 úrovni prítlaču.

Jednou z malých chybičiek tohto radiča je to že nepodporuje slovenskú/českú diakritiku. Preto aj všetky texty ktoré budú na displeji zobrazené sú písané bez diakritiky.



Obr. 22 Displej použitý v práci

2.3.1. Technológia LCD

LCD (Liquid Crystal Display) je špeciálny panel z tzv. tekutých kryštálov, ktoré na základe zmeny stavu elektrického napätia menia svoju polohu, vďaka čomu nimi môže prechádzať svetlo, alebo nie.

Na to, aby displej z tekutých kryštálov zobrazil nejaký obraz, či už farebný, alebo čierne-biely, potrebuje mať zdroj svetla. Najčastejším zdrojom svetla je v súčasnosti technológia LED, ktorá sa osvedčila ako tá najspoľahlivejšia. Kedysi využívané katódy CCFL – Cold Cathode Fluorescent Lamp mali obmedzenie hlavne kvôli potrebe vysokého napätia. Využívali sa hlavne v televízoroch či monitoroch.

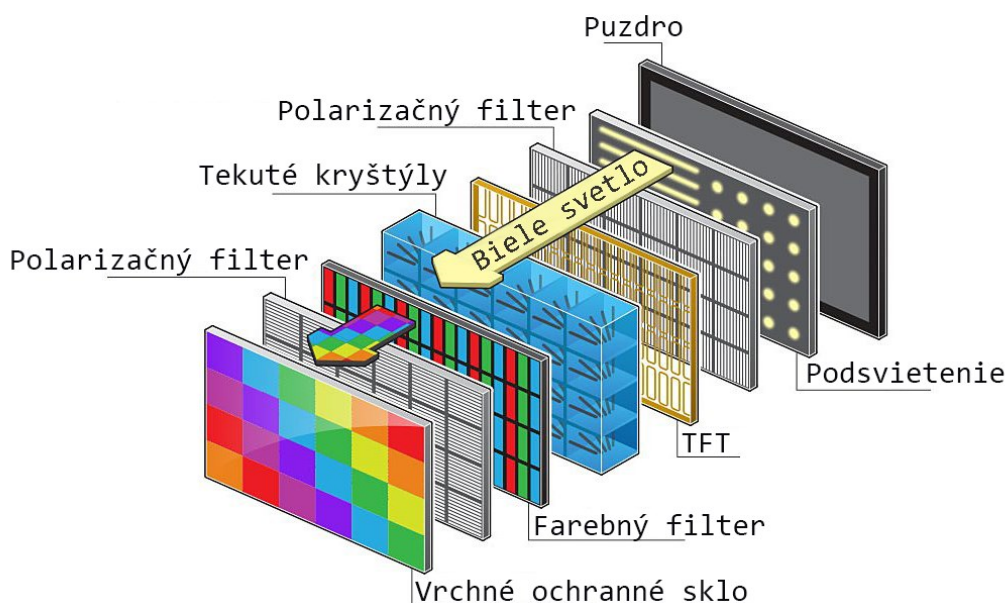
Niektoré displeje však nevyžadujú podsvietenie. Stačí im svetlo (zväčša slnečné), ktoré prechádza cez displej a na zadnej časti sa odráža späť. Takéto displeje si našli miesto v hodinkách či prvých vreckových herných konzolách.

Displej z tekutých kryštálov je zložený z viacerých častí (vrstiev). Základom je tenká vrstva tekutých kryštálov, ktorá je medzi dvomi vrstvami polarizovaného skla. Spodná, najvzdialenejšia časť displeja od pozorovateľa je zároveň pokrytá tenkou vrstvou metal oxidu, ktorý sa správa ako elektróda. V závislosti na type displeja má určité usporiadanie – matica či iné obrazce.

LCD tak na základe princípu polarizácie zobrazuje obraz podľa toho, ako mu to ovládacia elektronika prikáže. Tekuté kryštály totiž na základe konkrétneho napätia menia svoje molekulárne usporiadanie a tým menia polarizáciu svetla, ktorá cez ne prechádza.

Svetlo prechádza najskôr cez prvú vrstvu polarizovaného skla, pričom tekuté kryštály ho podľa potreby zastavia (čierna farba), prepustia (biela farba) alebo čiastočne prepustia (odtiene sivej alebo konkrétne farby v prípade farebného displeja), aby dopadlo/nedopadlo na druhú vrstvu polarizovaného skla. V prípade farebného LCD monitora sa farby, ktoré vidíme na displeji vytvárajú z RGB farebného spektra vďaka červenému, zelenému a modrému subpixelu (farebný filter).

TFT (Thin-film-transistor) je technológia ktorá vylepšuje kvalitu obrazu a to hlavne kontrast samotného displeja.



Obr. 23 Zloženie LCD panelu

2.3.2. Technológia rezistívnej dotykovej plochy

Rezistívna dotyková obrazovka pozostáva z dvoch pružných vrstiev pokrytých rezistívnym materiálom ktorého odpor sa mení lineárne v závislosti od vzdialenosti. Tieto vrstvy sú od seba oddelené vzduchovou medzerou alebo mikrobodmi.

Pri dotyku táto plocha reaguje na vytvorený tlak, ktorý spojí dve elektricky vodivé vrstvy dohromady, čím vznikne vodivý kontakt. Do jednej z vrstiev je neustále (alebo v pulzoch) privádzané napätie a na druhej sa napätie meria. Podľa toho sa dá pomerne presne určiť kde sa tieto plochy dotkli.

Nevýhodou tohto typu obrazovky je to že aby mohol byť dotyk zachytený, musí byť na plochu displeja vyvinutý určitý tlak na rozdiel od kapacitného displeja. [5]

2.4. SD karta

SD karta v tejto práci slúži na uloženie celej WWW stránky a ostatných súborov potrebných pre jej správne zobrazenie a funkciu (CSS súbory + JavaScript kód) keďže tieto sú príliš veľké na to aby sa zmestili do internej pamäte mikrokontroléra.

SD karta je takzvaná NVM (z anglického non-volatile memory) pamäť čo v podstate znamená pamäť ktorá si dáta uchová aj po vypnutí elektrickej energie do nej. Toto je presný opak napr. pamäte RAM ktorá je na elektrickej energii závislá a po odpojení od nej sa všetky dáta na nej vymažú.

SD karty sa vyrábajú v rôznych kapacitách ich úložiska, rôznych rýchlostiach čítania a zápisu a veľkostiach (obyčajná SD karta , microSD karta)

Kapacity v ktorých sa vyrábajú sú označované :

- SD do 2GB
- SDHC High-capacity od 2GB – 32GB
- SDXC eXtended capacity od 32GB – 2TB

Rýchlosti SD kariet sú označované takzvanou triedou a sú hlavne podstatné pri natáčaní videa:

- Trieda 2 – SD kvalita - Zápis do 12,5MB/s
- Trieda 4 alebo 6 – HD kvalita – Zápis do 25MB/s
- Trieda 10 – FULL HD kvalita – Zápis 25MB/s

Pre potreby tejto práce stačí úplne malá a pomalá SD karta lebo už samotný procesor nedokáže tieto dáta rýchlo čítať. [3]

2.5. Program riadiaceho systému na displeji

Po pripojení meniča ku elektrickej energii sa zároveň zapne aj samotný riadiaci systém. Po jeho načítaní ktoré môže trvať niekoľko sekúnd sa zobrazí základná MENU obrazovka. Na tejto sa dajú nastaviť jednotlivé spôsoby riadenia a to:

- Jednosmerný menič (Znižujúci PM, Zvyšujúci PM)
- Striedač (1-fázový, 3-fázový)
- Pulzný usmerňovač

Zároveň sa tu dá zmeniť jazyk na Angličtinu. Je tu aj tlačidlo na Vypnutie vykresľovania na tento displej a to pre ten prípad keby sa menič nastavoval cez WWW aplikáciu (popísanú v nasledujúcej kapitole) alebo cez už vytvorený riadiaci systém cez LabView.

Nasledovné obrázky sú fotky z displeja (čo sa celkom zle fotí takže kvalita niektorých nemusí byť perfektná a taktiež je na displeji v realite aj iné podanie farieb).



Obr. 24 Základné menu riadiaceho systému na displeji

Po výbere jedného z druhu meničov sa zobrazia ďalšie nastavenia preň. Napríklad po kliknutí na „Jednosmerný menič“ sa zobrazia ďalšie možnosti na upresnenie aký druh meniča chceme (znižujúci/zvyšujúci).

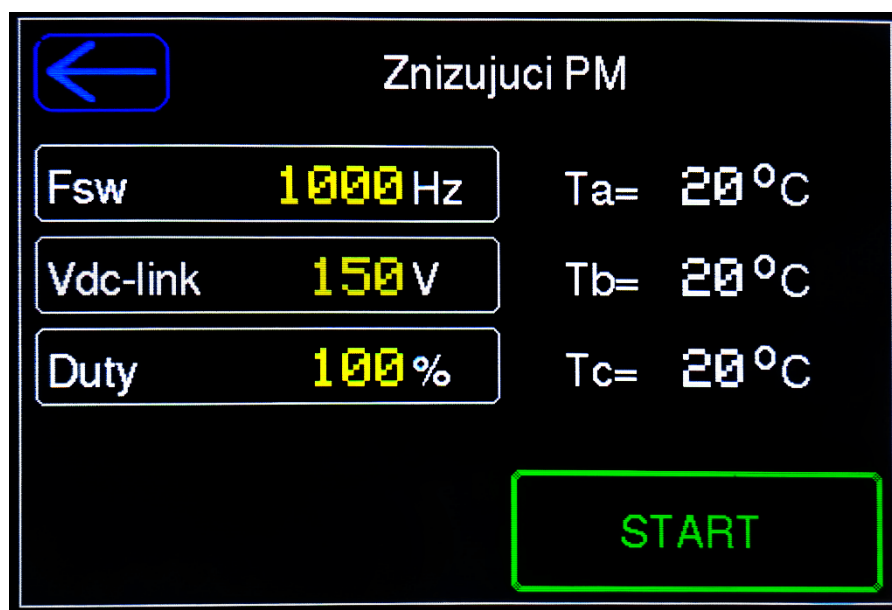


Obr. 25 Nastavenie jednosmerného PM

Na obrazovke pribudlo tlačidlo „Späť“ ktorým sa dá vrátiť o jednu úroveň naspäť. Po výbere módu, v tomto prípade znižujúci alebo zvyšujúci PM sa zobrazia už konkrétne nastavenia premenných.

Treba spomenúť že na displeji sú aj farebne oddeľované premenné ktoré sa dajú nastavovať a ktoré sú len informačne a to:

- Biela – informačné hodnoty (nedajú sa meniť – sú načítavané s meniča ako napr. teploty)
- Žltá – tieto premenné sa dajú nastavovať



Obr. 26 Nastavenia Znižujúceho PM

Na ľavej strane sa vždy budú zobrazovať premenné ktoré sa dajú nastaviť. Sú vždy označené žltou farbou. Po kliknutí na niektorú z nich sa otvoria jej nastavenia. Tieto som sa tiež snažil vymyslieť čo najintuitívnejšie a preto sa nastavujú šiestimi tlačidlami ktorými sa buď pričíta alebo odčíta určitá hodnota ku premennej.

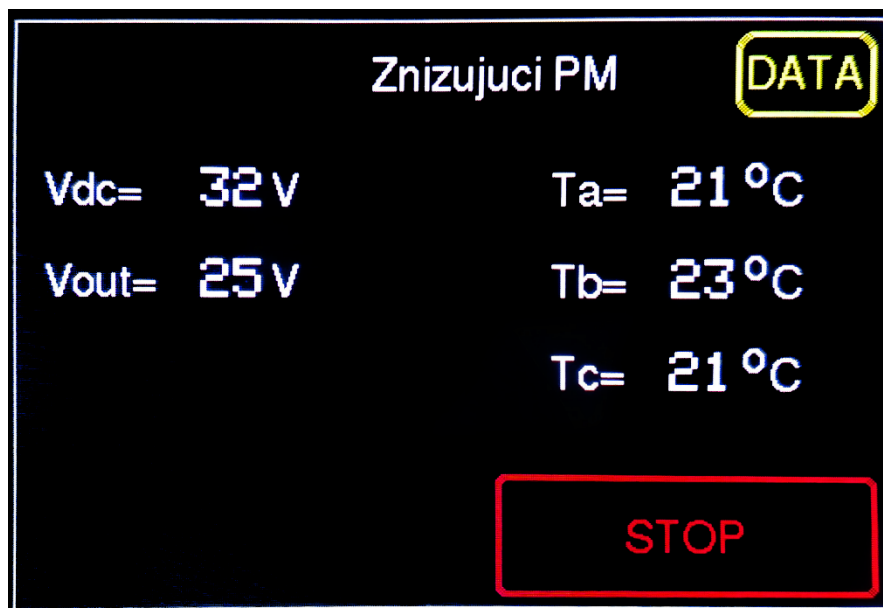


Obr. 27 Nastavenie Spínacej frekvencie

Keď je táto stránka otvorená tak všetky zmeny veľkosti premennej ktoré sa tu spravia sa okamžite aj posielajú do meniča. Je to tak vytvorené preto ak by sa robilo nejaké meranie pri ktorom by sa krokovala určitá premenná tak aby sa nemuselo stále vchádzať a vychádzať do a z jej nastavení.

Ak už je premenná nastavená tak hore vpravo tlačidlom „OK“ sa dá vrátiť späť na nastavovanie všetkých premenných kde sa táto nová hodnota premennej hneď aktualizuje a vykreslí.

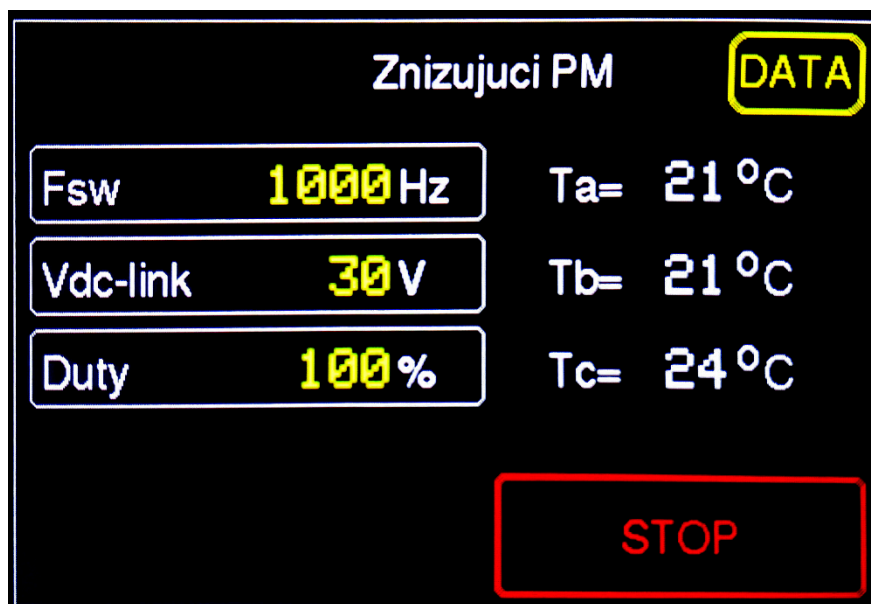
Po tomto návrate na stránku ako je na obr. 26 môžeme zeleným tlačidlom „START“ zapnúť menič. Po tomto stlačení sa automaticky vymažú tlačidlá pre nastavenie premenných a zobrazia sa aktuálne merané hodnoty z meniča.



Obr. 28 Po štarte

Ak by ste chceli nejaké hodnoty/dáta meniť tak na to tu je hore vpravo blikajúce tlačidlo „DATA“. S ním sa dá prepínať medzi zobrazovanie aktuálnych hodnôt a nastavovaním parametrov.

Ako je vidieť na nasledujúcom obrázku tak je tam tlačidlo STOP a zmizlo modré tlačidlo Späť. Ak je potrebné zmeniť mód riadenia meniča tak je potrebné ho najskôr zastaviť tlačidlom STOP. Po jeho stlačení sa automaticky zase zobrazí s nastaveniami premenných ako je na obr. 26.



Obr. 29 Po stlačení DATA

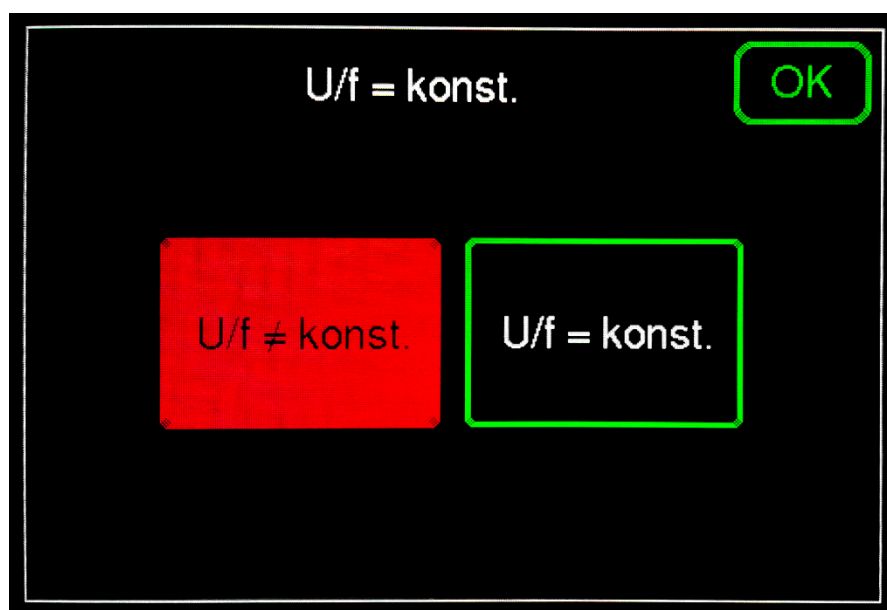
Na ďalšom obrázku sú nastavenia pre 3-fázový striedač so šírkovým riadením. Ako je vidno tak pri tomto riadení sa nastavuje aj to či $U/f = \text{konšt.}$. Toto je vidno na poslednom tlačidle. Už len tým že je červené označuje že $U/f \neq \text{konšt.}$. Po kliknutí na toto tlačidlo sa dá tento stav zmeniť.



Obr. 30 Nastavenia 3-fázového striedača so šírkovým riadením

Podľa toho ktorá možnosť je aktuálne zvolená tak to tlačidlo je vyfarbené. To znamená že keby sme dali že $U/f = \text{konšt.}$. A znovu by sme vošli do tohto nastavenia tak by bolo vyfarbené zelenou $U/f = \text{konšt.}$.

V tomto nastavení je možné buď ho zmeniť kliknutím na jedno z dvoch tlačidiel, alebo sa bez zmeny vrátiť späť a to stlačením tlačidla „OK“.



Obr. 31 Nastavenia $U/f = \text{konšt.}$

2.6. Komunikácie

Aby mala táto práca vôbec nejaký zmysel tak musí riadiaci systém v mikrokontroléry nejakým spôsobom komunikovať s riadiacim systémom v meniči. Najlepší spôsob komunikácie pre túto prácu je sériová komunikácia.

Sériová komunikácia ale inak povedané sériový prenos je prenos dát po jednotlivých bitoch pomocou komunikačného kanála alebo zbernice. Oproti paralelnej komunikácii má sériová niekoľko výhod. Jednou z hlavných je podstatne menší počet vodičov ktorými sa jednotlivé zariadenia prepoja - medzi vodičmi nevznikajú rušivé kapacity a presluchy. Pri paralelnej komunikácii, kedy sa posiela viacero bitov súčasne je potrebné dávať pozor na správne časovanie - hodinový takt. Toto pri sériovej komunikácii nie je až také kritické. Tu je potrebné nastaviť rýchlosť odosielania bitov.

2.6.1. Sériová komunikácia – UART

UART v preklade znamená univerzálny asynchrónny prijímač/vysielač. Je to teda asynchrónna sériová komunikácia pomocou ktorej v tejto práci komunikuje riadiaci systém osadený v meniči s mikrokontrolérom ktorý riadi displej.

UART je druh sériovej komunikácie kde dve zariadenia priamo medzi sebou komunikujú. Prenos UART prevádza dáta z riadiaceho zariadenia na sériovú formu, prenáša ho ako prúd (stream/pakety) bitov a v druhom zariadení ktoré túto správu prijíma sa tieto prijaté dáta konvertujú späť na užitočnú informáciu. Dáta sa prenášajú asynchrónne čo znamená že neexistuje žiadny hodinový signál na synchronizáciu výstupných bitov z vysielačieho zariadenia do vzorkovania bitov prijímacieho zariadenia. Namiesto hodinového signálu vysielač UART zariadenie pridáva štartovacie a zastavovacie bity do prenášaného dátového paketu. Tieto bity definujú začiatok a koniec dátového toku takže prijímač vie kedy začať/skončiť správu/bity počítať a zaznamenávať.

Keď prijímajúci UART deteguje štartovací bit, začne čítať prichádzajúce bity na špecifickej frekvencii známej ako prenosová rýchlosť. Prenosová rýchlosť je mierou rýchlosti prenosu dát, vyjadrená v bitoch za sekundu (bps). Oba UART musia pracovať približne v rovnakej prenosovej rýchlosti. Prenosová rýchlosť medzi vysielačimi a prijímajúcimi UART sa môže líšiť len o 10%, kým sa časovanie bitov príliš vzdiali.

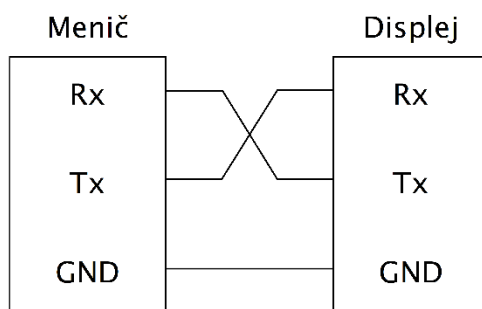
START bit	Data bity	Paritný bit	STOP bity
-----------	-----------	-------------	-----------

Obr. 32 Asynchrónna UART komunikácia

Paritný bit opisuje rovnomernosť alebo zvláštnosť poslaného čísla. Paritný bit je spôsob, akým môže prijímajúce zariadenie zistiť, či sa počas prenosu zmenili nejaké dáta. Bity môžu byť zmenené elektromagnetickým žiarením, chybnými prenosovými rýchlosťami alebo prenosmi dát na dlhé vzdialenosti. Potom, čo prijímajúce zariadenie číta dátový rámec, spočíta počet bitov s hodnotou 1 a skontroluje, či je celkový počet párnym alebo nepárnym číslom. Ak je paritný bit 0 (párna parita), tak súčet bitov ktoré majú hodnotu log.1 v dátovom rámci by mal byť párný. Ak je paritný bit 1 (nepárna parita), súčet bitov ktoré majú hodnotu log.1 v dátovom rámci by mal byť nepárnym číslom. Keď sa paritný bit zhoduje s údajmi, UART vie, že prenos bol bez chýb. Ak to nesedí tak sa vie že v správe sa nejaké bity zmenili, teda došlo v chybe pri komunikácii a táto správa sa považuje za nesprávnu. Tento paritný bit sa môže ale aj nemusí nastavovať.

Asynchrónna komunikácia má niekoľko výhod. Jednou a tou najpodstatnejšou z nich nie je malý počet vodičov potrebný pre komunikáciu a na rozdiel od paralelnej komunikácie (ktorá posielala niekoľko bytov paralelne - potreba väčšieho počtu vodičov) nevznikajú vo vodiči rušivé kapacity a presluchy. Ďalej má paritný bit ktorý dokáže odhaliť chyby ktoré vznikli pri prenose z jedného zariadenia do druhého a nie je potrebný žiadny synchronizačný hodinový signál.

Káblové spojenie ktoré je potrebné pre túto komunikáciu obsahuje iba tri vodiče ktorými sa prepoja vysielač - TX a prijímač - RX vstupy/výstupy na jednotlivých komunikujúcich zariadeniach a vodič pomocou ktorého sa spoja ich zeme.



Obr. 33 Zapojenie zariadení pre UART komunikáciu

Tieto dve zariadenia sú naprogramované tak, že mikrokontrolér s displejom je Master - čiže dáva príkazy a riadiaci systém v meniči je Slave - ten rozkazy počúva. Keď sa na displeji niečo nastaví (či už sa zmení nejaký parameter alebo sa nastaví nový mód) tak displej tieto dáta pošle meniču ktorý ich prijme, dešifruje a podľa nich sa nastaví. Menič síce aktuálne hodnoty meria ale na displej sám od seba neposiela. Mikrokontrolér s displejom musí najskôr poslať meniču požiadavku, že chce aktuálne namerané hodnoty a ten mu ich následne všetky pošle. Takýmto spôsobom komunikácie sa zamedzilo vyťažovaniu procesora čítaním dát zo sériovej linky, aj keď sa dáta vôbec nemenili.

Väčšina všetkých dát ktoré sa posielajú medzi jednotlivými riadiacimi systémami sú číselné hodnoty napr. spínacia frekvencia, namerané teploty, napätie medziobvodu a pod. Každá z týchto hodnôt môže mať inú veľkosť (iný počet čísel) a tieto hodnoty sa neposielaajú stále dookola ale iba keď je to nutné.

Aby teda každé zo zariadení presne vedelo ktorú hodnotu modrý riadiaci systém aktuálne posiela bol vymyslený komunikačný protokol ktorý bol naprogramovaný do oboch riadiacich systémov.

Tento protokol je v tomto tvare. Najskôr sa pošle písmeno ktoré označuje premennú ktorá bola zmenená/nastavená. Následne sa pošle číselná hodnota tejto premennej ktorá môže mať ľubovoľnú dĺžku. A na záver každej správy s premennou sa odosiela znak ktorý označuje koniec dát tejto premennej. Takýto typ komunikácie má výhodu v tom, že číselná hodnota ktorá sa odosiela, môže mať ľubovoľnú dĺžku a zároveň koncový znak sa môže použiť aj pre kontrolu či samotná komunikácia prebehla v poriadku a to tak, že sa kontroluje či prišiel iba jeden znak označujúci názov premennej alebo nie. Ak by týchto znakov prišlo viac tak to znamená že do komunikácie sa zaneslo nejaké rušenie/nejaká chyba a celá správa sa odstráni a počká sa na novú správu.

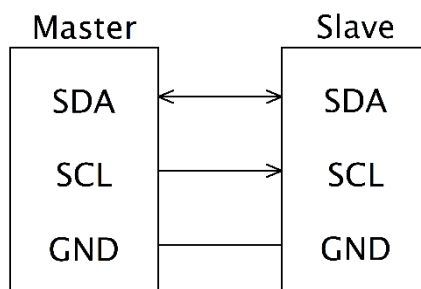
Príklad komunikácie : Pre poslanie veľkosti spínacej frekvencie prebehne táto správa : f10000t

f je označenie premennej, 10000 je veľkosť nastavenej premennej, t je ukončovací znak ktorý označuje ukončenie prenosu danej premennej.

Celý komunikačný protokol je uvedený v prílohách.

2.6.2. Sériová komunikácia – I2C

I2C komunikácia zlučuje to najlepšie z SPI a UART komunikácie. Pomocou nej je možné pripojiť viacero SLAVE zariadení. Rovnako ako UART komunikácia potrebuje pre svoju činnosť 3 vodiče.



Obr. 34 Zapojenie potrebné pre I2C komunikáciu

SDA (Serial Data)- vodič medzi MASTEROM a SLAVOM cez ktorý sa prijímajú a odosielaajú dáta.

SCL (Serial Clock)- vodič ktorý ved' je hodinový signál.

Na rozdiel od UART komunikácie je táto synchronná, čiže prijímané bity musia byť synchronizované s hodinovým signálom. Hodinový signál vždy kontroluje MASTER zariadenie.

V tejto práci je táto komunikácia použitá pre posielanie dát medzi mikrokontrolérom s displejom a mikrokontrolérom ktorý ovláda ethernet modul a teda webové rozhranie.

Ako funguje I2C:

Pri tejto komunikácii sú dáta prenášané v správach. Každá správa obsahuje adresu zariadenia ktorému je táto správa určená a samotné dáta ktoré posielame. Taktiež obsahuje štart a stop bity, read/write bity ktoré určujú či MASTER zariadenie dáta posiela alebo ich vyžaduje, a ACK/NACK bity (acknowledge/no-acknowledge) ktoré sa posielajú späť odosielateľovi a oznamujú mu či bola správa prijatá alebo nie.

Vďaka tomu že pri každej správe sa odosiela aj adresa zariadenia ktoré má túto správu prijať tak je možné pripojiť viac SLAVE zariadení (až 1024) ale každému treba prideliť jedinečnú adresu. Odosielateľ teda odošle správu ktorá obsahuje adresu zariadenia ktorému má byť doručená a užitočné dáta. Každé z pripojených zariadení (keďže sú na rovnakej linke) správu prijme a porovnáva svoju pridelenú adresu z adresou zo správy. Ak sa zhodujú tak prijímateľ pošle naspäť odosielateľovi ACK bit tým že na jeden hodinový takt nastaví linku SDA na log.0 . Ak by sa žiadne zariadenie neozvolo tak SDA zostane na úrovni log.1 a teda odosielateľ vie, že správa nebola doručená. Správu teda prijme iba zariadenie ktorého adresa je zhodná s adresou ktorá je v správe od odosielateľa. [4]

2.6.3. Ethernet

Ethernet je označenie pre rodinu počítačových sieťových technológií používaných v lokálnych sieťach LAN, a rozsiahlych sieťach WAN. Bol komerčne zavedený v roku 1980 a štandardizovaný v 1983. Pre prepojenie zariadení využívajúcich Ethernet sa používajú káble ktoré obsahujú 4 páry krútenej dvojlinky alebo optické káble. V priebehu svojej histórie sa rýchlosť prenosu dát cez Ethernet zvýšila z pôvodných 2,94Mbit/s na najnovších 400Gbit/s. Systémy ktoré komunikujú cez Ethernet rozdeľujú tok dát na kratšie kusy nazývame rámce. Každý rámec obsahuje zdrojové a cieľové adresy a údaje na kontrolu chýb, takže poškodené rámce možno detegovať a vyradiť.

Väčšina zariadení ktoré sa dajú pripojiť na dátovú sieť, ako sú napríklad notebooky, počítače, herné konzoly, routre a pod. sa pripája pomocou sieťového kábla a pripájajú sa do štandardizovaného portu s označením RJ-45.

Sieťový kábel sa skladá zo štyroch párov krútenej dvojlinky. Jednotlivé vodiče sú uložené v pároch, pričom páry sú skrútené navzájom okolo seba. Všetky vodiče sú si rovnocenné (žiaden nie je pripojený na zem alebo zdroj napätia) preto sa tento druh kábla označuje ako symetrický.

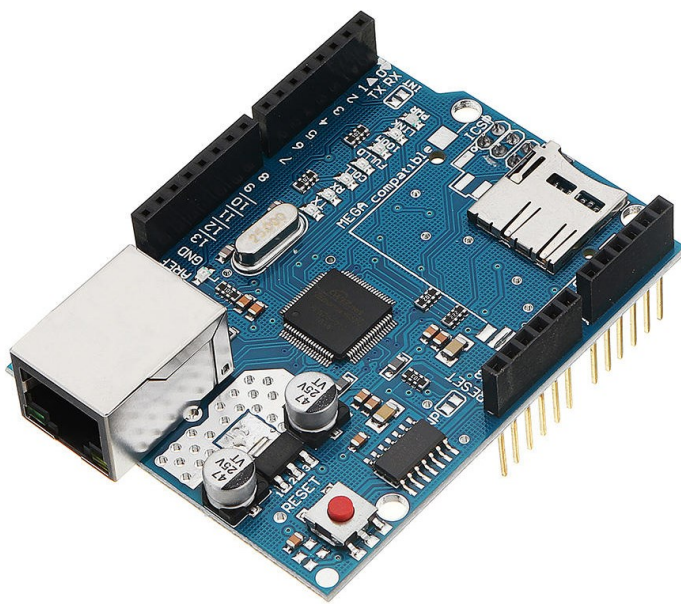
Hlavným dôvodom skrútenia vodičov je to, že toto definované skrútenie pomáha redukovať vzájomné presluchy a šumy z vonkajšieho prostredia a zároveň bráni vyžarovaniu z páru do prostredia. Zakrútené vodiče majú zvýšenú odolnosť voči súhlasnému typu rušenia (napätie indukované na oboch vodičoch súhlasne) pretože vplyvom opačnej fázy rušivého signálu sa rušivé napätie navzájom vyruší. Aby sa

zabránilo vzájomným presluchom medzi jednotlivými pármí v jednom kábli tak majú jednotlivé páry rôzny počet skrútení na jednotku dĺžky.

Sieťové káble sa dajú zohnať normálne (označované UTP - Unshielded Twisted Pair) alebo tienené. Tienené sieťové káble sa označuje skratkou FTP (Folied Twisted Pair) a jediným rozdielom oproti normálnym káblom je to, že všetky páry vo vodiči sú obalené do vodivej fólie ktorá minimalizuje elektromagnetické rušenie alebo vyžarovanie. Tieto káble je vhodné používať pre zvlášť elektromagnetický zarušené prostredie alebo tam, kde potrebujeme minimálne vyžarovanie elektromagnetického šumu.

Pri použití tienených káblov je tiež potrebné používať aj tienené konektory RJ-45. Toto tienenie je v samotnom Ethernet module uzemnené.

V tejto práci je ethernet modul použitý ako základ pre vytvorenie webového rozhrania cez ktoré sa dá taktiež nastavovať menič. Tento modul má piny umiestnené tak aby sa dal jednoducho pripojiť na vývojovú dosku s mikrokontrolérom.



Obr. 35 Ethernetový modul používaný v práci

Hlavným mozgom celého modulu je integrovaný čip Wiznet W5100. Je to jednočipový internetový ethernet radič ktorý dokáže spracovávať až 4 ethernetové zásuvky naraz. Podporuje rýchlosti pripojenia do 100Mbit/s. Dokáže pridelovať IPv4 adresy na TCP a UDP.

2.7. Webová aplikácia

Ďalší spôsob ktorým je možné menič riadiť a nastavovať je Webová aplikácia/stránka. Túto stránku som vytvoril ako bonus ku displeju a je to spôsob ako menič riadiť ak nechceme sedieť neustále pri ňom. Takto sa to dá na diaľku. Jediné čo budeme potrebovať je nastaviť si v PC/notebooku IP adresu a pripojiť sieťový kábel k riadiacemu systému. Po zadaní IP adresy serveru do webového prehliadača server ktorý pracuje na Ethernetovom module odošle kompletnú WWW stránku (presný návod je v kapitole 3).

Táto stránka je kombináciou HTML + CSS + JavaScript kódu. Hlavnou výhodou môjho riešenia či už Displeja alebo WWW je to, že všetky súbory/programy sú uložené priamo v mikrokontroléroch alebo v prípade WWW stránky ktorá je príliš veľká na pamäť ATMegy2560, sú všetky potrebné súbory uložené na SD karte vlozenej v ethernet module. Na tejto SD karte sú v rámci akejsi zálohy uložené aj všetky programy pre riadiaci systém s displejom. Čiže v prípade poruchy tohto MCU stačí nový len preprogramovať. Nie je preto potrebné sťahovanie/inštalovanie žiadnych ďalších programov alebo RunTime Enginov.

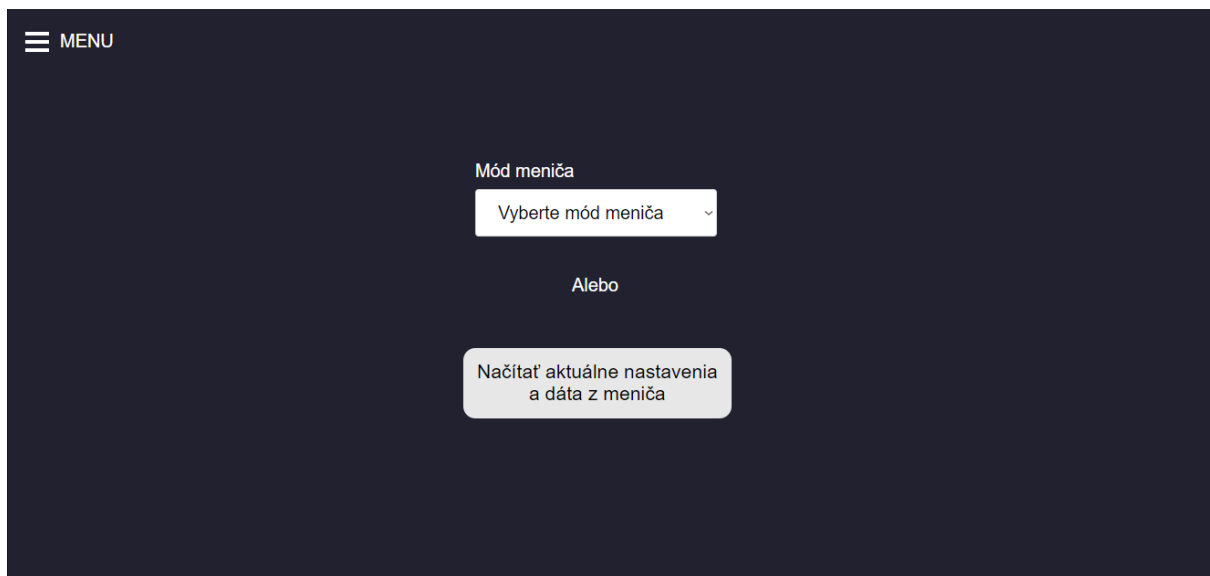
Pre používanie WWW aplikácie nie je potrebné pripojenie k internetu. Všetky potrebné súbory pre jej chod sú uložené na SD karte odkiaľ si to server stiahne a odošle do webového prehliadača. Po načítaní tejto stránky sa už ďalej nenačítava a dáta sa posielajú pomocou Asynchrónneho JavaScriptu ktorý beží na pozadí stránky, kde si posielajú len nové/aktuálne hodnoty ktoré sa vykresľujú na stránku. Vďaka tomuto je chod stránky plynulý bez potreby neustáleho načítavania a prekresľovania celej stránky.

Po načítaní stránky sa zobrazia len 2 možnosti a to buď zvoliť manuálne mód riadenia meniča alebo načítať aktuálne nastavenia z druhého riadiaceho systému – displeja.

Ak sa zvolí táto možnosť tak si mikrokontrolér ktorý riadi ethernet modul vypýta od RS v meniči všetky dáta ktoré potrebuje a zobrazí ich na stránku.

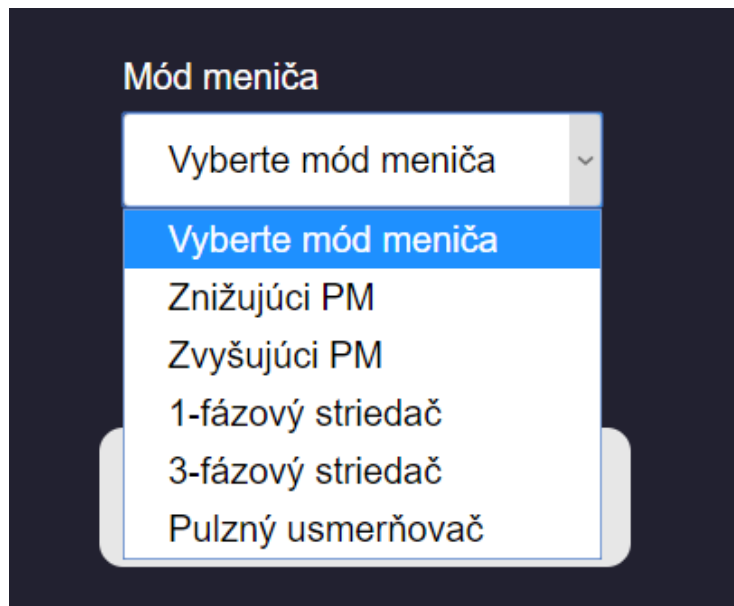
Celá WWW stránka je vytvorená aby bola responzívna – to znamená že sa prispôsobí rozlíšeniu monitoru na ktorom sa zobrazuje. Zmení sa veľkosť písma a taktiež sa mení aj veľkosť grafiky (tlačidlá, teplomery, voltmeter).

Na ďalších stranách sú snímky obrazovky www stránky.



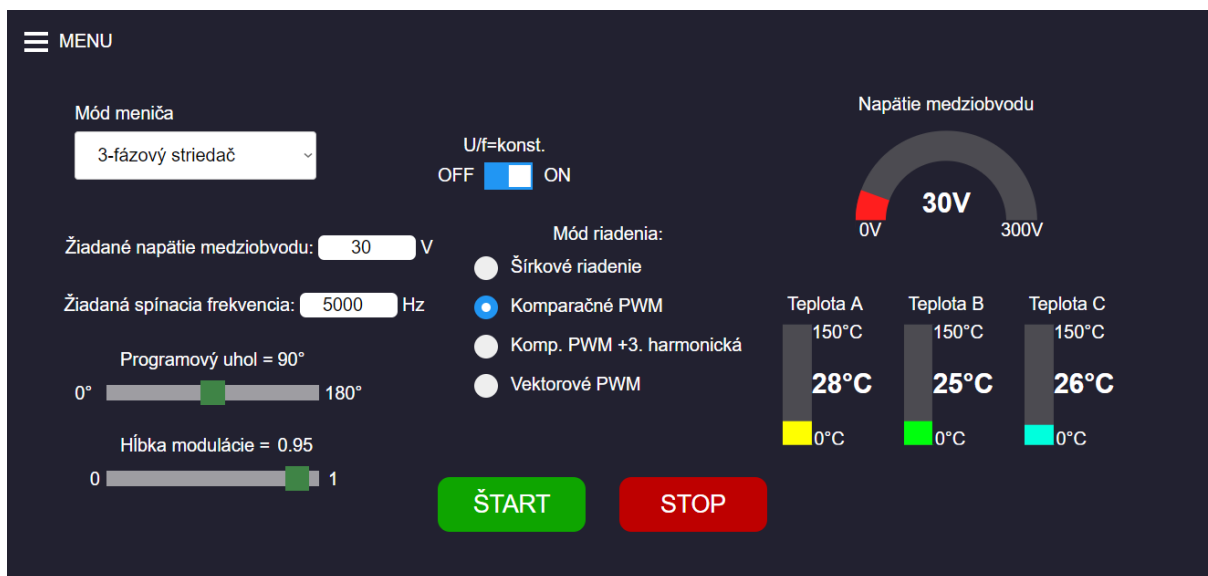
Obr. 36 Webová aplikácia po načítaní

Ak sa zvolí možnosť z manuálneho výberu módov tak sa zobrazí rozbaľovacie okno s možnosťami „Znižujúci PM“, „Zvyšujúci PM“, „1-fázový striedač“, „3-fázový striedač“ a „Pulzný usmerňovač“.



Obr. 37 Možnosti výberu módu

Po kliknutí na príslušný mód sa na stránke zobrazia všetky nastavenia potrebné pre konkrétne riadenie meniča.



Obr. 38 Nastavenia 3-fázového striedača

Ako je vidno na Obr.27 tak po kliknutí na možnosť 3-fázový striedač sa rolovacie okno na výber módu meniča presunie do ľavého horného rohu a na zvyšnej časti obrazovky sa zobrazia všetky možnosti pre nastavovanie tohoto módu riadenia.

Zobrazia sa tu možnosti na nastavenie:

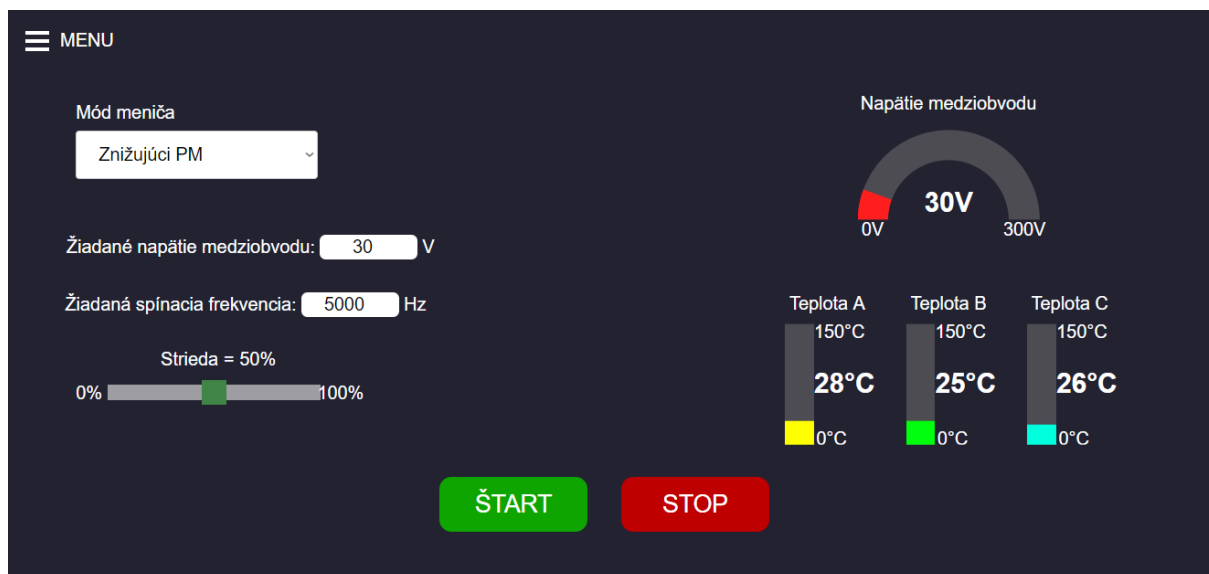
- Veľkosti napätia medziobvodu
- Spínacej frekvencie
- Programového uhlu
- Hĺbky modulácie
- Nastavenie riadenia $U/f=\text{konšt.}$
- Výber samotného riadenia spínania tranzistorov (Šírkové riadenie, Komparačná PWM, Komparačná PWM + 3. harmonická zložka signálu, Vektorová PWM)

Všetky zadávané hodnoty sú obmedzené a sú naprogramované tak aby sa nedali prekročiť ich MIN a MAX hodnoty:

- žiadané napätie medziobvodu je v rozsahu $U_{DC} = \langle 0V, 300V \rangle$
- Žiadaná spínacia frekvencia $f_{sw} = \langle 1Hz, 10\,000Hz \rangle$
- Programový uhol $\alpha = \langle 0^\circ, 180^\circ \rangle$
- Hĺbka modulácie $m = \langle 0, 1 \rangle$

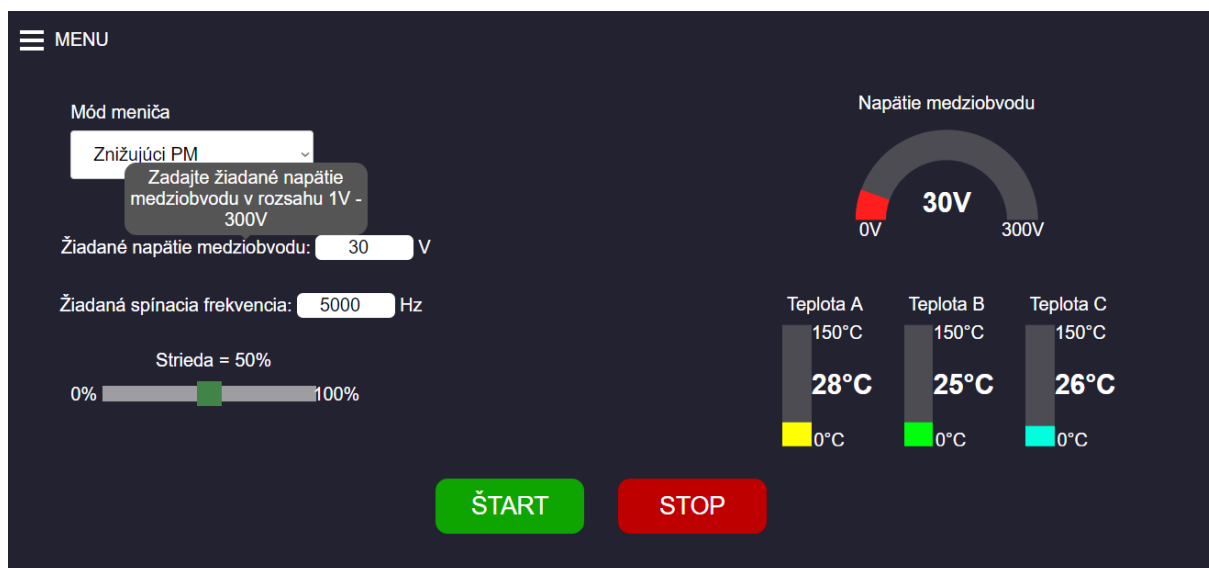
Na pravej strane obrazovky sa nachádzajú informačné ukazatele ktoré zobrazujú aktuálne namerané teploty na tranzistoroch ktoré sú merané pomocou termistorov a napätie medziobvodu merané sondou LV25-800.

Pre iné módy sú nastavenia odlišné. Napríklad pre znižujúci PM je to Napätie medziobvodu, Spínacia frekvencia a strieda spínania tranzistorov. Teplomery a Ukazateľ napätia v medziobvode ostávajú nezmenené pre všetky módy.



Obr. 39 Nastavenie pre znižujúci PM

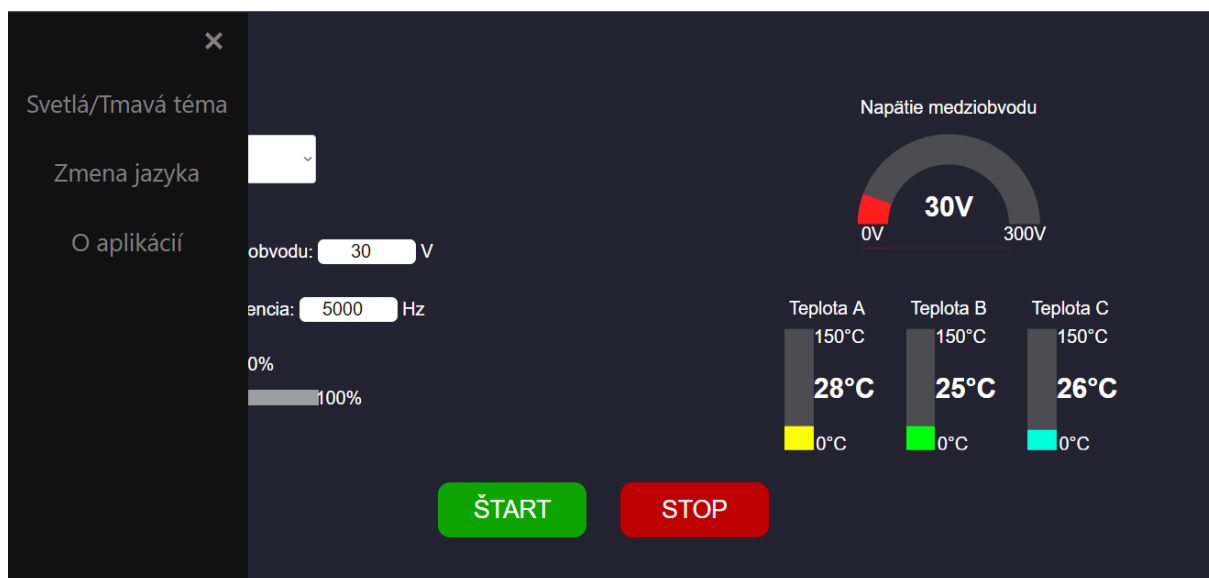
Keď sa kurzorom myši presuniete napríklad nad text „Žiadané napätie medziobvodu V“ tak sa ukáže nápopoveda k tomu čo presne a v akom rozsahu treba zadať. Takáto nápopoveda je pri všetkých premenných ktoré sa zadávajú číselne. Pri premenných ktoré sa nastavujú posuvníkom (napríklad Strieda) toto byť nemusí, lebo tam nie je možnosť aby sa táto hodnota zvolila zle alebo mimo povolený rozsah.



Obr. 40 Nápopoveda pri zadávaní premenných

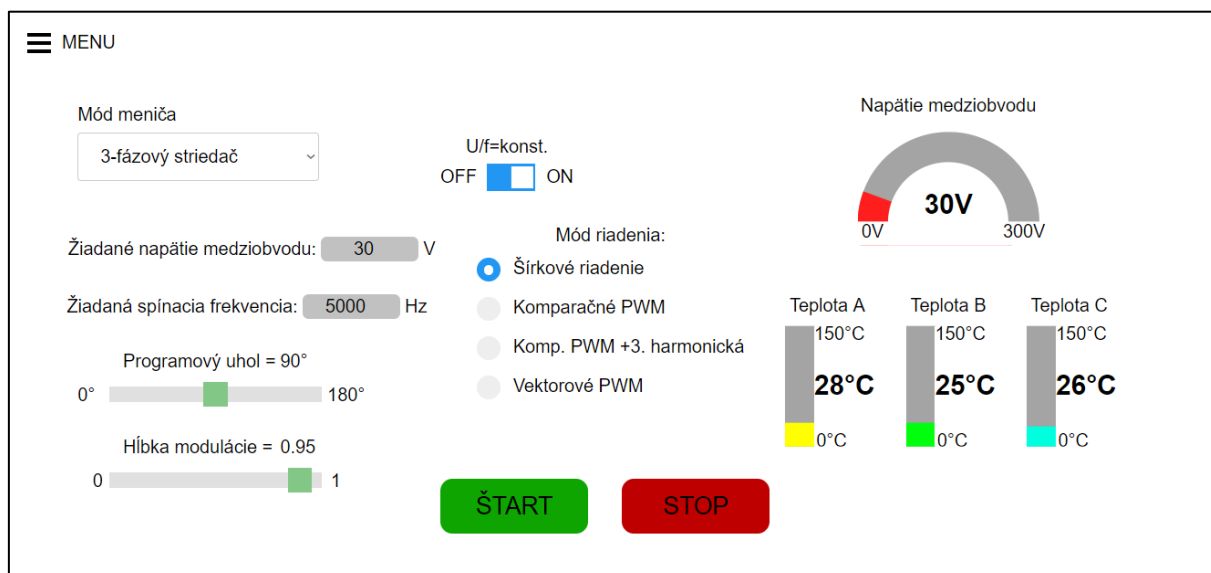
Pri kliknutí na tlačidlo MENU v ľavom hornom rohu sa z ľavej strany vysunie menu kde sú možnosti na:

- zmenu témy z aktuálnej tmavej (tmavo-fialové pozadie + biely text) na svetlú tému (biele pozadie + čierny text).
- Zmenu jazyka (momentálne ešte nie je implementovaná)
- Zobrazenie info textu o aplikácii



Obr. 41 Menu na webovej aplikácii

Po zmene témy aplikácia vyzerá takto :



Obr. 42 Webová aplikácia - Svetlá téma

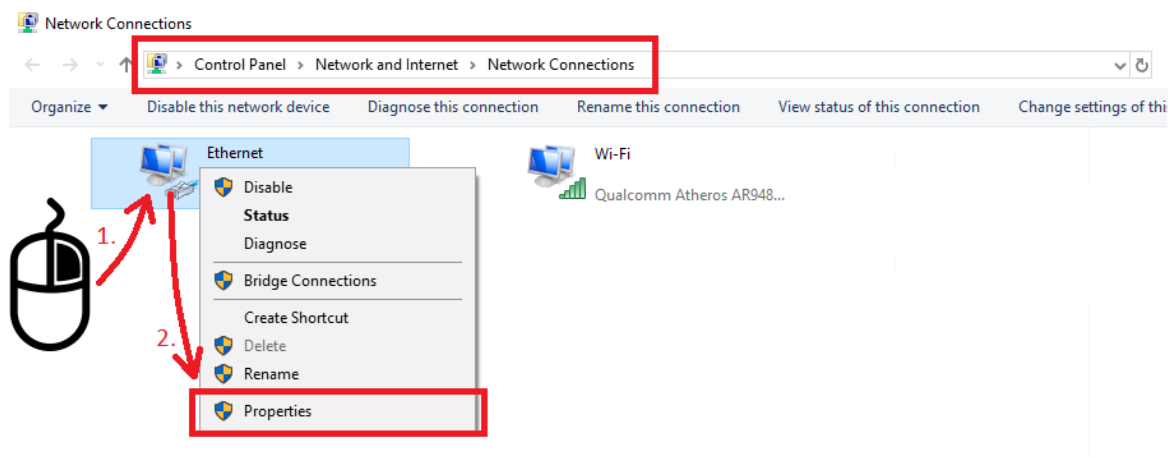
3. Návod na obsluhu

3.1. Nastavenia potrebné pre pripojenie na WWW

Po pripojení sieťového kábla do PC je potrebné nastaviť si rovnaký rozsah IP adres na aký je nastavený server kde stránka beží. K tomuto nastaveniu sa dostaneme cez :

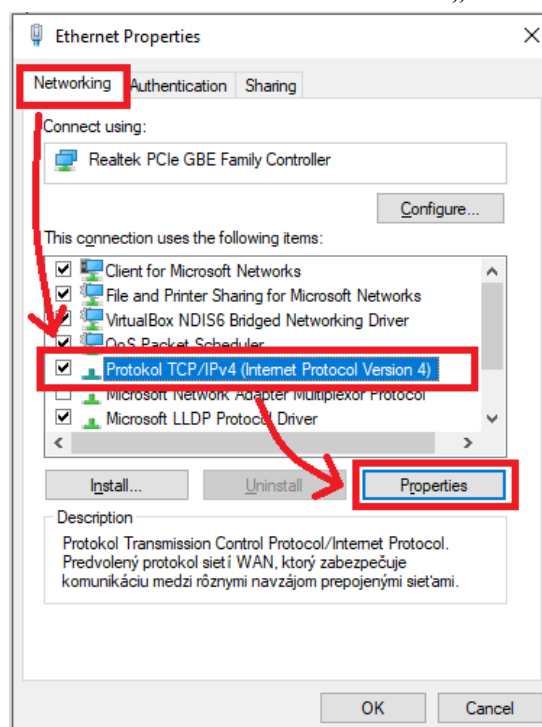
Ovládací panel → Sieť a Internet → Sieťové pripojenia → Zmeniť nastavenie adaptéra

1. Tam klikneme **pravým tlačidlom na ETHERNET adaptér** a zvolíme „Vlastnosti“



Obr. 43 Nastavenie Ethernet adaptéra

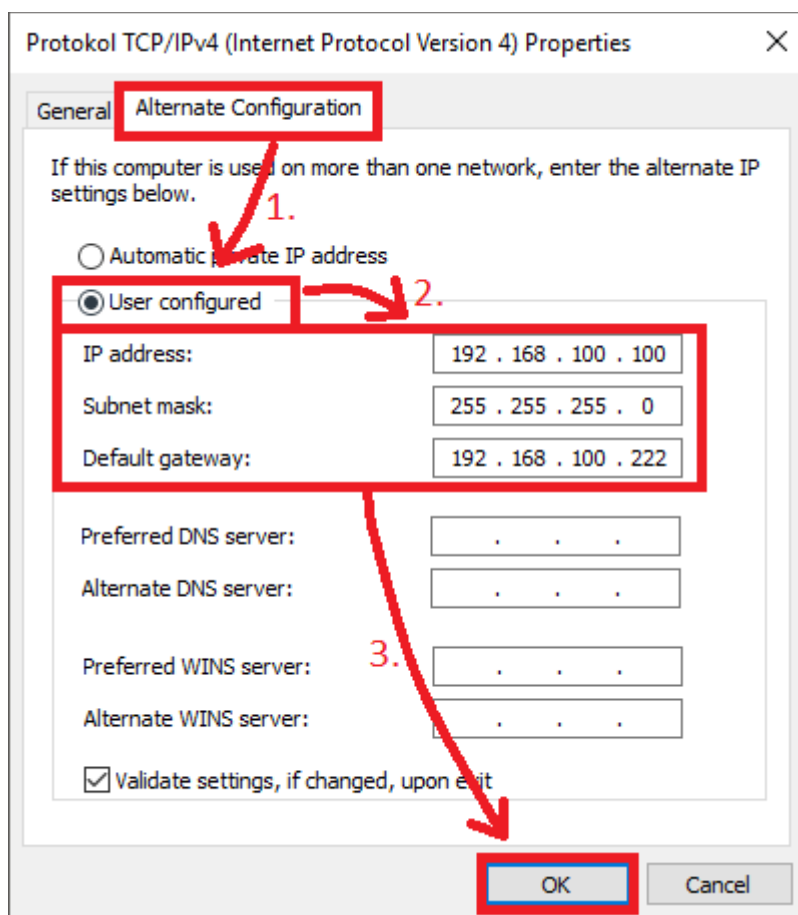
2. Vyberieme **nastavenia Protokolu TCP/IPv4** a stlačíme „Vlastnosti“



Obr. 44 Výber nastavenia TCP/IPv4

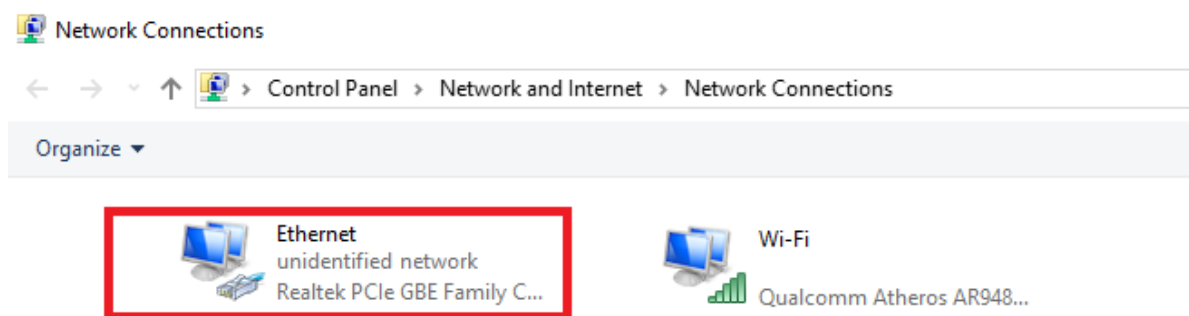
3. Zvolíme kartu „Alternatívna konfigurácia“ → „Manuálna konfigurácia“ a tam zadáme nasledovné hodnoty a potvrdíme tlačidlom „OK“ :

- IP adresa : 192.168.100.100
- Maska podsiete : 255.255.255.0
- Defaultná brána : 192.168.100.222

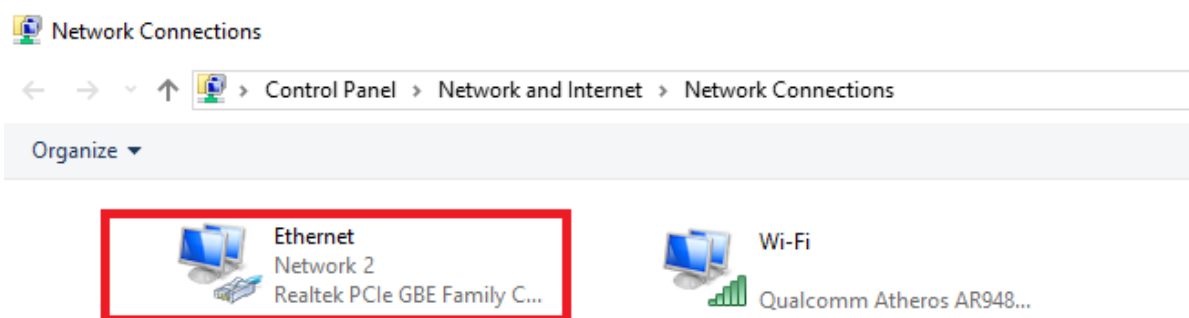


Obr. 45 Nastavenia Alternatívnej konfigurácie IPv4

4. **Potvrdíme všetko tlačidlami „OK“ a teraz treba chvíľu počkať.** Váš PC začne hľadať na sieti zariadenia začne s nimi komunikovať. Momentálne teraz bude pri pohľade na Ethernet adaptér napísané „Neidentifikovaná sieť“. V takomto stave by sa na WWW stránku uložení v mikrokontroléri nedalo pripojiť preto **treba počkať aj niekoľko minút kým sa text nezmení na „Sieť 1“ alebo „Sieť 2“** , proste sieť s akýmkoľvek číslom ako je vidno na ďalších obrázkoch.



Obr. 46 Neidentifikovaná sieť



Obr. 47 Už vytvorená sieť

5. Keď je už vytvorená sieť tak je možné sa bez problémov pripojiť na WWW stránku. Teda **stačí otvoriť webový prehliadač** (Google Chrome / Opera / Mozilla Firefox) **a do adresného riadku napísať adresu :**

192.168.100.222

A potvrdiť tlačidlom ENTER

Po zadaní tejto adresy začne mikrokontrolér načítavať WWW stránku z SD karty a odosielať ju do prehliadača. Keďže sa jedná o 8 bitový procesor tak **načítavanie celej stránky a ostatných súborov bude trvať cca 20 sekúnd. Treba počkať!**

To že sa Vám WWW stránka načítava správne spoznáte už po pár sekundách tým že sa farba pozadia tejto stránky zmení z bielej na tmavo fialovú.

Záver

Cieľom tejto práce bolo navrhnúť, naprogramovať a vytvoriť funkčný, jednoduchý a intuitívny ovládací panel na riadenie meniča ZS1-6 pre potreby výučby Výkonovej elektroniky na FEI.

Ako prvý bod zadania bolo teoreticky rozobrať úlohy ktoré sa dajú merať na meniči ZS1-6 z pohľadu ovládania. Toto je rozpísané v prvej časti tejto práce. Sú tu schémy jednotlivých druhov meničov a ich spôsoby riadenia. Toto bolo nevyhnutné vedieť aby bolo jasné ktoré premenné sa musia dať pomocou riadiaceho panelu nastavovať a v akých rozsahoch môžu byť.

V ďalších bodoch bolo za úlohu navrhnúť ovládací panel a aj jeho softwarové vybavenie. Ovládací panel je vytvorený pomocou vývojovej dosky Arduino Mega 2560 a 3,5“ displeja s rezistívnou dotykovou plochou. Teoretické základy ako tieto jednotlivé technológie fungujú sú rozpísané v kapitole 2 tejto práce. Ako bonusový spôsob riadenia je vytvorená webová aplikácia uložená na SD karte v Ethernetovom module. Pomocou nej sa dá menič ovládať z akéhokoľvek počítača/notebooku. Fotografie a snímky obrazovky či už z displeja alebo webovej aplikácie sú v tejto práci tiež priložené a to presne v kapitole 2.

V poslednej 3 časti tejto práce je návod na napísaný návod na nastavenie systému Windows tak, aby bolo možné sa pripojiť na WWW stránku. Toto nastavenie je nedeštruktívne k už predtým nastavenému káblovému pripojeniu a funguje popri ňom (napr. pripojenie na školu). Návod ako používať je riadiaci systém na displeji a na www stránke je v kapitole 2.

Medzi hlavné výhody môjho riešenia patrí to, že pre fungovanie užívateľského rozhrania či už na displeji alebo www aplikácia netreba sťahovať ani inštalovať žiadne programy ani RunTime Engine (ktoré vyžaduje napr. LabView). Všetko je uložené priamo v mikrokontroléroch ako aj alebo na SD karte.

Celé zariadenie bude zatvorené v krabíčke ktorá bude primontovaná na vrchnom kryte meniča. Táto krabíčka sa bude meniť za inú, trochu väčšiu, a preto nie je v práci ukázaná.

Použité zdroje

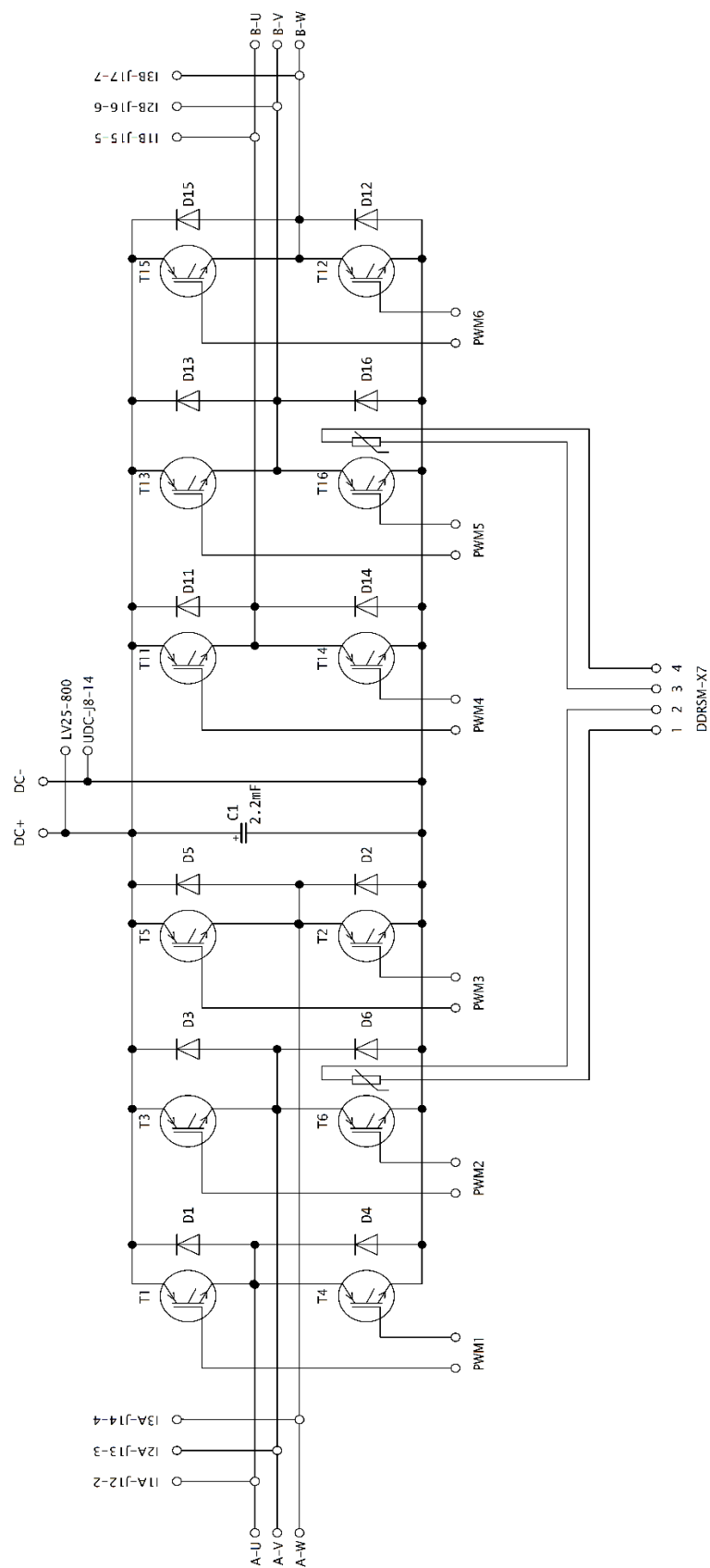
- [1] Technický popis polovodičového meniča ZS1-6, Dodávky automatizace spol. s.r.o. 1.máje 34/120,703 00 Ostrava – Vítkovice [cit. 2.4.2019].
- [2] VONDRÁŠEK, František. Výkonová elektronika svazek III – měniče s vlastní komutací. Plzeň: Západočeská univerzita, 1998. ISBN 80-7082-485-9. [cit 6.4.2019]
- [3] Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 15.04.2019]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/SD_card
- [4] Circuitbasics.com [online]. [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <http://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/>
- [5] Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 18.04.2019]. Dostupné z: https://sk.wikipedia.org/wiki/Dotyková_obrazovka#Rezistívny
- [6]Semikron datasheet skm75gb176d-22890850 [Online] 2010, [cit. 14.4.2019].Dostupné z: <https://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-datasheetskm75gb176d-22890850>
- [7] BRANDŠTETTER Pavel. Elektrické regulované pohony III, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2012, 201 strán. [cit 18.4.2019].

Prílohy

Zoznam príloh:

Príloha č. 1 Schéma zapojenia meniča ZS1-6	I
Príloha č. 2 Komunikačný protokol	II

Príloha č. 1 Schéma zapojenia meniča ZS1-6



Príloha č. 2 Komunikačný protokol

POSLANÝ ZNAK	PREMENNÁ KTORÚ CHARAKTERIZUJE
A	alfa
C	dutyCycle
D	D
F	switchingFrequency
I	I_usm
L	indukcia
M	hlbkaModulacie
O	outputFrequency
P	instrument
Q	Q
S	start
U	UkuF
V	Vdclink
X	Ta
Y	Tb
Z	Tc
R	REQUEST DATA

Vždy po odoslani premennej pošle písmeno "t" (terminate)